РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН
Совет молодых учёных БИН РАН
Научно-образовательный центр БИН РАН
Русское ботаническое общество
Санкт-Петербургское микологическое общество

МАТЕРИАЛЫ

IV (XII) Международной ботанической конференции молодых учёных в Санкт-Петербурге

22–28 апреля 2018 года

RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences
Council of Young Scientists of BIN RAS
Scientific Educational Center of BIN RAS
Russian Botanical Society
Saint-Petersburg Mycological Society

PROCEEDINGS

of IV (XII) International Botanical Conference of Young Scientists in Saint-Petersburg

April 22nd–28th, 2018

Санкт-Петербург
Saint Petersburg
2018

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Ботанический институт им. В.Л. Комарова Российской академии наук
Совет молодых учёных БИН РАН
Научно-образовательный центр БИН РАН
Русское ботаническое общество
Санкт-Петербургское микологическое общество

МАТЕРИАЛЫ

IV (XII) Международной ботанической конференции молодых учёных в Санкт-Петербурге

22–28 апреля 2018 года

Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences (BIN RAS)
Council of Young Scientists of BIN RAS
Scientific Educational Center of BIN RAS
Russian Botanical Society
Saint-Petersburg Mycological Society

PROCEEDINGS

of IV (XII) International Botanical Conference of Young Scientists in Saint-Petersburg

April 22nd–28th, 2018

Санкт-Петербург
Saint Petersburg
2018

УДК 581: 582: 58.006:502.75

Материалы IV (XII) Международной ботанической конференции молодых учёных в Санкт-Петербурге 22–28 апреля 2018 года. СПб.: БИН РАН, 2018. 282 с.

Редакционная коллегия:

д.б.н. Гельтман Д. В. (председатель), к.б.н. Волобуев С. В. (ответственный редактор), Большаков С. Ю., Бондаренко М. С., к.б.н. Виноградская М. А., Волчанская А. В., к.б.н. Гагарина Л. В., Гниловская А. А., к.б.н. Ильина Е. Л., Калугин Ю. Г., к.б.н. Кораблёв А. П., Леострин А. В., к.б.н. Медведева Н. А., к.б.н. Носов Н. Н., Пагода Я. О., к.б.н. Петрова Н. В., Пушкарева Л. А., к.б.н. Сеник С. В., Смирнова С. В., к.б.н. Степанова А. В., Степанова В. А., Тюсов Г. А., к.б.н. Тютерева Е. В., к.б.н. Уфимов Р. А.

Proceedings of IV (XII) International Botanical Conference of Young Scientists in Saint-Petersburg, April 22nd–28th, 2018. Saint Petersburg, Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, 2018. 282 p.

Editorial board:

Dr. Geltman D.V. (chairman), Dr. Volobuev S.V. (editor-in-chief), Bolshakov S. Yu., Bondarenko M. S., Dr. Gagarina L. V., Gnilovskaya A. A., Dr. Ilina E. L., Kalugin Yu. G., Dr. Korablev A. P., Leostrin A. V., Dr. Medvedeva N. A., Dr. Nosov N. N., Pagoda I. O., Dr. Petrova N. V., Pushkareva L. A., Dr. Senik S. V., Smirnova S. V., Dr. Stepanova A. V., Stepanova V. A., Tyusov G. A., Dr. Tyutereva E. V., Dr. Ufimov R. A., Dr. Vinogradskaya M. A., Volchanskaya A. V.

Конференция проведена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Проект № 18-04-20015

ISBN 978-5-7629-2218-0

© Коллектив авторов, 2018
© Совет молодых учёных БИН РАН, 2018

УЧАСТНИКАМ IV (XII) МЕЖДУНАРОДНОЙ БОТАНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Дорогие коллеги!

Молодёжные ботанические конференции в Ленинграде — Санкт-Петербурге имеют длительную историю. Они начинались как конференции молодых специалистов Ботанического института им. В.Л. Комарова, затем расширили свою географию и тематику. Ныне такие конференции — одна из традиций нашего учреждения. Их школу прошли почти все ныне работающие сотрудники института, и я — не исключение.

Время неумолимо. Организаторы и участники первых молодёжных ботанических конференций — ныне известные учёные, многие приглашены выступить на нынешней конференции с обзорными лекциями и докладами. Это ещё один повод вспомнить, что наши первые шаги в науке были связаны именно с этими научными мероприятиями. Ведь невозможно забыть волнение перед своим первым докладом, досаду после недостаточно ясного ответа на вопрос старшего коллеги, и, конечно, гордость от первой публикации. Потом будет ещё много научных форумов, но именно с первыми связаны незабываемые ощущения молодости: ведь весь мир у твоих ног и будущее так прекрасно!

Успешное развитие любого научного коллектива связано с передачей знаний, опыта и умений. Это вдвойне справедливо для ботаники — ведь именно для нашей науки критически важен плодотворный контакт учителя (мастера) и ученика. Надеюсь, что достигнув высот в науке, вы всегда будете признательны своим учителям и, в свою очередь, сделаете всё, чтобы передать опыт более молодым коллегам.

Нашу науку не назовёшь ни модной, ни очень привлекательной. Но она всегда была, есть и будет. Причина проста — наша цивилизация очень зависит от растительного мира, при всём её, цивилизации, высокомерии. Кто, если ни мы, донесём эту простую истину до всех остальных?

А. Л. Тахтаджян как-то говорил, что мы горды тем, что являемся ботаниками, несмотря на то, какое признание получаем. Давайте руководствоваться в нашей работе этим простым правилом!

Желаю успеха нашей конференции. В добрый путь в науке!

Д. В. Гельтман,
директор Ботанического института им. В.Л. Комарова
РАН, доктор биологических наук

ПЛЕНАРНЫЕ ЛЕКЦИИ

Историческая экология. Применение в геоботанических исследованиях

Бобровский М.В.
Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пущино, Россия
maxim.bobrovsky@gmail.com

Historical ecology. Application in the phytosociology

Bobrovsky M.V.
Institute of physico-chemical and biological problems in soil science of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia

Изучение истории экосистем, в том числе реконструкция истории растительности, необходимо для адекватной оценки их современного состояния, для понимания причин формирования их современного состава и структуры. Любые знания о виде, сообществе или ландшафте не будут полными без знания их исторической динамики.

Историческая экология представляет собой неформальную общность междисциплинарных исследований, направленных на понимание роли прошлых событий, связанных с деятельностью человека, в динамике экосистем и ландшафтов. Это направление исследований было вызвано к жизни осознанием роли человека в долговременной динамике экосистем; признанием того, что люди являются частью истории ландшафтов даже в областях, ранее считавшихся нетронутыми (Восточноевропейские широколиственные..., 1994; Motzkin *et al*., 1996; The ecological hisrory..., 1998; European woods..., 1999; Оценка и сохранение…, 2000; A history..., 2000; Forest history..., 2000; Foster, 2000; Methods and approaches..., 2000; Vera, 2000; Смирнова *и др*., 2001; Foster *et al*., 2003; Forest biodiversity..., 2004; Восточноевропейские леса, 2004).

Развитие эколого-исторических исследований шло по двум очень условно разграниченным направлениям. С одной стороны, происходило переосмысление исторических концепций, представлений о взаимодействии человека и природы, роли природы в развитии цивилизации. В частности, экологические свидетельства послужили ревизии представлений об истории древних обществ, разрушению догмата о гармонии примитивных обществ со средой обитания. С другой стороны, сфера экологической истории стала площадкой для ревизии концепций экологии экосистем. Для развития знаний о динамике экосистем, в том числе факторах формирования и поддержания биоразнообразия большую роль сыграли мозаично-циклическая концепция (Remmert, 1991), представления о ключевых видах (Paine, 1969), теория нарушений (Denslow, 1985; White, Jentsch, 2001). Исторический анализ роли человека и крупных стадных фитофагов в динамике экосистем и ландшафтов способствовал переосмыслению представлений о закономерностях сукцессий экосистем (Пучков, 1992; Смирнова, 1998; Vera, 2000; Смирнова, Торопова, 2008).

В настоящее время экологическая история интенсивно развивается как неотъемлемый элемент ландшафтной экологии, необходимый для разработки методологии устойчивого управления ландшафтами, в том числе для решения задач реконструкции и поддержания экосистемного и видового разнообразия (Bürgi *et al*., 2017). Основное содержание современной исторической экологии – изучение взаимодействия человека с ландшафтами как единого (интегрального) явления на фоне широкого разнообразия исторических и экологических контекстов (Bale, 2006). К настоящему времени накоплена огромная литература по этой тематике; часть ее представлена в группе Historical Landscape Ecology of IALE (https://www.researchgate.net/project/Historical-Landscape-Ecology-Group).

Развитие исторической экологии тесно связано с развитием методологии реконструкции истории экосистем. При этом существенная черта исследований последнего времени – сближение между «классической» экологией и четвертичной палеоэкологией (Reitalu *et al*., 2014). Несмотря на большое число палеоэкологических реконструкций, большинство из них не включало выявление прямых факторов и механизмов экосистемных смен. В связи с этим необходимо развитие и применение методологии, сочетающей современные представления синэкологии с комплексом методов, позволяющих реконструировать этапы истории конкретных экосистем, факторы и механизмы их динамики.

В исторической экологии используют разнообразные методы, в разной степени сочетающие методологию классической истории, фитоценологии, почвоведения, палеоэкологии и других наук. Для изучения истории последних десятилетий/столетий ведут исследование письменных и картографических исторических источников, сравнительный картографический анализ (в том числе с использованием ретроспективных данных ДЗЗ), привлекают дендрохронологические методы, данные наблюдений на пробных площадях и др. Для получения более глубокой ретроспективы применяют комплекс методов, в разной мере объединяющий методы палинологии, почвоведения, педоантракологии. При построении исторических реконструкций необходимо, прежде всего, учитывать признаки спонтанной динамики ключевых видов и ее нарушений; характерные (собственные) времена и пространства видов, определяющих динамику популяционных и биотических мозаик; взаимосвязи между различными компонентами экосистем.

Результаты изучения истории экосистем показывают сложные траектории их развития, далекие от схемы «нарушение – демутация – климакс». Основные формы динамики экосистем представляли незавершенные аутогенные сукцессии, аллогенные сукцессии и дигрессии. Важнейшим фактором формирования разнообразия существующего экосистемного и видового разнообразия была совокупная средопреобразующая деятельность биоты и человека. Накопленные эффекты антропогенных воздействий приводили к изменениям в траекториях

сукцессий, не направленных на восстановление как таковое, а формировавшие новые состояния экосистем (Perring *et al*., 2016). В настоящее время широко обсуждается идея «новых экосистем» (Hobbs *et al*., 2014), поскольку изменения климата или появление новых (инвазивных) видов заставляют экосистемы выходить за диапазон исторических аналогов (Foster *et al*., 1998; Martinuzzi *et al*., 2015).

Существенные итоги развития исторической экологии для синэкологии, фитоценологии, почвоведения:

1. Осознание давности и масштабности действия антропогенного фактора, неравномерной динамики численности населения и интенсивности воздействий. Численность населения в отдельные эпохи была намного выше, чем в последующие. При этом преимущественно экстенсивный характер хозяйства определял большие площади антропогенных воздействий даже при низкой численности населения.

2. Изменение представления о сукцессиях, осознание отсутствия в настоящее время ненарушенных (климаксных) экосистем. Экосистемы, даже по части признаков близкие к ненарушенным, являются большой редкостью. Поэтому при оценке состояния экосистем необходимо исходить не из «территориальных стандартов», а из общих признаков сукцессионного состояния экосистем – нельзя в качестве «природного эталона» использовать наименее нарушенные экосистемы некоторого региона.

3. Понимание глубины исторических изменений как природных, так и антропогенных факторов динамики экосистем и ландшафтов: многие из широко распространенных в прошлом систем и практик традиционного природопользования отсутствуют в настоящем; необратимо изменился состав ключевых видов, совокупное воздействие которых формировало экосистемы различного облика и состава. Это причины существенных ограничений в использовании принципа актуализма для представления экосистем прошлого.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (проекты № 15-04-03170, 18-04-01329).

References:

Арнольд Ф.К. 1895. *История лесоводства в России, Франции и Германии*. СПб. 405 с.
Бобровский М.В. 2002. *Козельские засеки (эколого-исторический очерк)*. Калуга. 92 с.
Бобровский М.В. 2010. *Лесные почвы Европейской России: биотические и антропогенные факторы формирования*. М. 359 с.
Восточноевропейские леса. История в голоцене и современность. 2004. О.В. Смирнова (ред.). Кн. 1. М. 428 с.
Восточноевропейские широколиственные леса. 1994. О.В. Смирнова (ред.). М. 364 с.
Евстигнеев О.И. 2009. *Неруссо-Деснянское полесье: история природопользования*. Брянск. 139 с.
Исаченко Г.А. 1998. *«Окно в Европу»: история и ландшафты*. СПб. 476 с.
Кириков С.В. 1979. *Человек и природа в восточноевропейской лесостепи в X – начале XIX в*. М. 182 с.
Комаров Н.Ф. 1951. *Этапы и факторы эволюции растительного покрова черноземных степей*. М. 328 с.
Милов Л.В. 1998. *Великорусский пахарь и особенности российского исторического процесса*. М. 573 с.
Оценка и сохранение биоразнообразия лесного покрова в заповедниках Европейской России. 2000. Л.Б. Заугольнова (ред.). М. 185 с.
Пономаренко Е.В. 1999. Методические подходы к анализу сукцессионных процессов в почвенном покрове. В кн.: О.В. Смирнова, Е.С. Шапошников (ред.). *Сукцессионные процессы в заповедниках России и проблемы сохранения биологического разнообразия*. СПб. С.34–57.
Пучков П.В. 1992. Некомпенсированные вюрмские вымирания. Сообщение 2. Преобразование среды гигантскими фитофагами. *Вестник зоологии* 1: 58–66.
Смирнова О.В. 1998. Популяционная организация биоценотического покрова лесных ландшафтов. *Успехи совр. биологии* 118: 25–39.
Смирнова О.В., Турубанова С.А., Бобровский М.В., Коротков В.Н., Ханина Л.Г. 2001. Реконструкция истории биоценотического покрова Восточной Европы и проблема поддержания биологического разнообразия. *Успехи совр. биологии* 121: 144–159.
Турчанович Л.Ф. 1950. Леса Европейской части СССР в прошлом (историко-географический очерк). В кн.: *Землеведение. Т. 3*. М. С. 80–106.
Bürgi M, Bieling C, Von Hackwitz K, Kizos T, Lieskovský J *et al*. 2017. Processes and driving forces in changing cultural landscapes across Europe. *Landscape Ecology* 32(11): 2097–2112.
Carcaillet C. 1998. A spatially precise study of Holocene fire history, climate and human impact within the Maurienne valley, North French Alps. *Journal of Ecology* 86: 384–396.
Denslow JS. 1985. Disturbance-mediated coexistence of species. In: STA Pickett & PS White (Eds). *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. Orlando, FL. Pp. 307–323.
Ericsson S, Östlund L, Axellson AL. 2000. A forest of grazing and logging: Deforestation and reforestation history of a boreal landscape in central Sweden. *New Forests* 19: 227–240.
European woods and forests: studies in cultural history. 1999. C. Watcins (ed.). CABI Publishing. 256 p.
Foster DR, Swanson F, Aber J, Burke I, Brokaw N *et al*. 2003. The importance of land-use legacies to ecology and conservation. *BioScience* 53: 77–88.
Foster DR. 2000. Conservation lessons and challenges from ecological history. *For. Hist. Today* Fall: 2–11.
Hayashida FM. 2005. Archaeology, ecological history, and conservation. *Annu. Rev. Anthropol*. 34: 43–65.
Motzkin G, Foster D, Allen A, Harrod J, Boone R. 1996. Controlling site to evaluate history: vegetation patterns of a New England Sand Plain. *Ecological Monographs* 66(3): 345–365.
Nelle O, Robin V, Talon B. 2013. *Pedoanthracology: Analysing soil charcoal to study Holocene palaeoenvironments*. Quaternary International, 289, 1-4.
Paine RT. 1969. A note on trophic complexity and community stability. *The American Naturalist* 103(929): 91–93.
Reitalu T, Kuneš P, Giesecke Reitalu T. 2014. Closing the gap between plant ecology and Quaternary palaeoecology. *Journal of Vegetation Science* 25(5): 1188–1194.
Remmert H (ed.). 1991. *The mosaic-cycle concept of ecosystems. Ecological studies* 85. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag. 105 p.
Ruddiman WF, Ellis EC. 2009. Effect of per-capita land use changes on Holocene forest clearance and CO2 emissions. *Quat. Sci. Reviews* 28: 3011–3015.

Szabó P. 2015. Historical ecology: past, present and future. *Biological Reviews* 90(4): 997–1014.
The ecological history of European forest. 1998. K. Kirby, C. Watkins (ed.). Cambridge. 384 p.
Vera FWM. 2000. *Grazing ecology and forest history*. Oxon-New York: CABI Publishing. 506 p.
White PS, Jentsch A. 2001. The search for generality in studies of disturbance and ecosystem dynamics. *Progress in Botany* 62: 399–449.
Whitehead NL. 1998. Ecological history and historical ecology: diachronic modeling versus historical explanation. *Advances in historical ecology*: 30–41.
Winterhalder B. 1994. Concepts in historical ecology. *Historical ecology: cultural knowledge and changing landscapes*. P. 17–41.

Грибы экстремальных местообитаний

Власов Д.Ю.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
dmitry.vlasov@mail.ru

Грибы отличаются широким спектром адаптивных возможностей и имеют повсеместное распространение. Особенно это касается микроскопических грибов (микромицетов), которые встречаются практически повсюду, где возможна жизнь.

Экстремофилы – организмы, живущие в крайних условиях среды обитания, лимитирующих жизнь. Наибольшее количество исследований экстремофилов выполнено на примере бактерий и архей. В меньшей степени работы в данном направлении затронули грибы. Между тем, за последние годы появились новые свидетельства способности грибов развиваться в условиях космоса, в экстремальных условиях высоких широт, в галофильных, ацидофильных и алкалофильных сообществах, в районах с повышенным уровнем химического и радиоактивного загрязнения. Микроскопические грибы способны преодолевать различные стрессовые воздействия, благодаря уникальным биохимическим механизмам, закрепленным в процессе эволюции и позволяющим регулировать жизненную активность в меняющихся условиях среды.

Грибы представляют собой прекрасную модель для исследования закономерностей адаптации низших эукариот к экстремальным факторам среды (резкие колебания и экстремальные значения температур, гиперсоленость, высокий уровень ультрафиолетового облучения, крайние значения pH, недостаток источников питания, нехватка кислорода, высушивание, воздействие токсических веществ и другие). Нами предпринята попытка осветить современное состояние исследований в данной области, опираясь на накопленные в литературе данные (за последние годы) и результаты собственных исследований. Рассматриваются примеры существования грибов в экстремальных условиях. Особое внимание уделено микромицетам, встречающимся в суровых условиях Антарктиды. Анализируются механизмы адаптации микромицетов к экстремальным внешним воздействиям на морфологическом и биохимическом уровнях.

Проведенный анализ позволяет высказать предположение о том, что встречаемость грибов в экстремальных условиях намного выше, чем считалось до последнего времени.

Fungi of extreme habitats

Vlasov D.Yu.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

Fungi have a wide range of adaptive possibilities. This is especially true for microscopic fungi (micromycetes) which are found almost everywhere where life is possible.

Extremophiles are organisms living in extreme environmental conditions that limit life. The greatest number of studies of extremophiles was performed on the example of bacteria and archaea. Fungi have been studied much less in this respect. Meanwhile, in recent years new evidence of the ability of fungi to develop in space conditions, in extreme high latitude conditions, in halophilic, acidophilic and alkalophilic communities, in areas with high levels of chemical and radioactive contamination has revealed. Microscopic fungi can overcome various stresses due to unique biochemical mechanisms fixed in the process of evolution and allowing them to regulate vital activity in changing environmental conditions.

Fungi are an excellent model for studying the patterns of adaptation of lower eukaryotes to extreme environmental factors (sharp fluctuations and extreme temperatures, hypersalinity, high level of ultraviolet radiation, extreme pH, lack of sources of nutrition, lack of oxygen, drying, exposure to toxic substances, etc.). We have made an attempt to highlight the current state of research in this area, based on the data accumulated in the literature (in recent years) and our results. Examples of the existence of fungi under extreme conditions are considered. Particular attention is paid to micromycetes, found in the harsh conditions of Antarctica. The mechanisms of adaptation of micromycetes to extreme environment at the morphological and biochemical levels are analyzed.

The analysis allows us to suggest that the occurrence of fungi under extreme conditions is much higher than was thought until recently.

References:

Билаченко Е.Н., Георгиева М.Л., Козлова М.В., Грум-Гржимайло А.А. 2011. Микромицеты щелочных засоленных местообитаний. В кн.: *Микология сегодня*. *Вып. 2.* М. С. 150–162.
Власов Д.Ю. 2011. Микроскопические грибы в экстремальных местообитаниях: биологическое разнообразие и сущность взаимодействий. *Биосфера* 4: 39–52.

Заварзин Г.А. 2006. Алкалофильное микробное сообщество как аналог наземной биоты протерозоя. В кн.: *Эволюция биосферы и биоразнообразия*. М. С. 97–119.
Марфенина О.Е. 2005. *Антропогенная экология почвенных грибов*. М. 196 с.
Озерская С.М., Кочкина Г.А., Иванушкина Н.Е., Князева Е.В., Гиличинский Д.А. 2008. Структура комплексов микромицетов в многолетнемерзлых грунтах и криопегах Арктики. *Микробиология* 77(4): 542–550.
Onofri S, Selbmann L, Zucconi L, Pagano S. 2004. Antarctic microfungi as models for exobiology. *Planetary and Space Science* 52: 229–237.
Seckbach J, Oren A, Stan-Lotter H. 2013. *Polyextremophiles: Life Under Multiple Forms of Stress*. Springer, 634 p.

Фитохромы и другие рецепторы информации у растений

Войцеховская О.В.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
ovoitse@binran.ru

К настоящему времени у растений выделяют пять групп рецепторов, воспринимающих информацию об условиях освещения, длине светового дня, температуре окружающей среды, присутствии патогенов или соседей-конкурентов, направлении вектора гравитации и других факторах. Эти рецепторы позволяют растению ориентироваться в окружающей обстановке и «принимать решения», необходимые для выживания и успешного оставления потомства: ускорять или останавливать рост, переходить к цветению или задерживать его, выбирать направление роста, образовывать либо подавлять формирование боковых побегов, а также регулировать синтез летучих веществ, воздействующих на рост соседей или патогенов (Casal *et al*., 2014; Pierik, deWit, 2014). К таким рецепторам относятся фитохромы, криптохромы, фототропины, а также недавно открытые белки семейства ZEITLUPE и рецептор ультрафиолетового излучения В-диапазона – белок UVR8 (Briggs, Christie, 2002; Schultz, 2005; Tilbrook *et al*., 2013; Casal *et al*., 2014; Mishra, Khurana, 2017). Криптохромы, фототропины и белки семейства ZEITLUPE являются рецепторами синего света, а хромофором у них выступают флавины – FMN или FAD. У UVR8 ультрафиолетовый свет воспринимают остатки триптофана в белковой цепи. У рецепторов красного и дальнего красного света - фитохромов – хромофором является тетрапиррол с открытой цепью фитохромобилин. Все эти фоторецепторы встречаются у бактерий, грибов, водорослей и наземных растений, но не у всех групп этих организмов (Li *et al*., 2015).

Фототропины несут домены LOV, связывающие хромофор FMN, а также Ser/Thr-киназный домен, необходимый для автофосфорилирования под действием света (Briggs, Christie, 2002). Фосфорилирование способствует образованию активной формы рецептора – димерной. Криптохромы изначально возникли как FAD-зависимые ДНК-фотолиазы, то есть ферменты, репарирующие вызванные синим светом разрывы в ДНК, и эта функция до сих пор сохранилась у некоторых криптохромов наземных растений (Mishra, Khurana, 2017). Киназных доменов в составе криптохромов нет, но для их активации также необходимо фосфорилирование и димеризация. Белки семейства ZEITLUPE представляют собой Е3-убиквитин-лигазы, активирующиеся под действием синего света (Schultz, 2005; Baudry *et al*., 2010). Ключевыми регуляторами развития и жизнедеятельности растений являются фитохромы. Это одни из наиболее крупных (молекулярная масса мономера 125 кД) и сложно организованных рецепторов у растений: N-концевая часть белка выполняет роль фотосенсора и состоит из трех консервативных доменов PAS, GAF и PHY; к GAF через тиоэфирную связь с цистеиновым аминокислотным остатком прикреплен фитохромобилин (Burgie, Vierstra, 2014). С-концевая часть белка представляет собой серин-треониновую киназу, которая выполняет автофосфорилирование белка, необходимое для образования его активной формы – димера. Поглощение фитохромобилином кванта света приводит к небольшим (порядка долей ангстрем) перемещениям молекулярных структур в хромофоре, которые благодаря структурной организации белка приводят к крупным изменениям в самом фитохроме и к переключению генетических программ в клетке (Burgie, Vierstra, 2014).

Гены, кодирующие фитохромы, обнаружены у некоторых грибов, бактерий, у бурых водорослей (в том числе, в геномах вирусов, поражающих бурые водоросли), но отсутствуют в геномах гаптофитов, красных и зеленых водорослей (Li *et al*., 2015). Фитохромы представлены единственной копией гена у печеночников, антоцеротовых мхов и разноспоровых плаунов, в то время как у настоящих мхов, равноспоровых плаунов, папоротников и семенных растений имела место их диверсификация. Так, например, у резуховидки Таля - *Arabidopsis thaliana* - имеется 5 фитохромов (PhyA – PhyD). Особо следует отметить неохромы – фоторецепторы зигнемовых водорослей, антоцеротовых мхов и папоротников, где «фитохромный» фотосенсорный N-конец соединен с «фототропиновым» С-концом, и присутствуют оба хромофора. У цианобактерий также имеются цианобактериохромы – гистидиновые киназы, выполняющие роль рецепторов света и температуры, которые содержат домены PAS и GAF, и могут содержать домен LOV (Li *et al*., 2015).

Несмотря на разнообразие рецепторов света растений, можно выделить некоторые общие «правила» их функционирования. Активная форма рецептора, как правило, представляет собой димер, образование которого зависит от (авто)фосфорилирования; эта форма образуется при поглощении коротковолнового света (синего для криптохромов, красного для фитохромов) и переходит в неактивную при поглощении длинноволнового света (зеленого для криптохромов и дальнего красного для фитохромов). Как правило, в клетке имеются хотя бы два типа рецептора, один из которых воспринимает крайне низкие уровни света и на высоком свету подвергается фотодеструкции (например, PHOT2, CRY2, PHYA у резуховидки), а другой воспринимает информацию о высоком уровне света и является фотостабильным (например, PHOT1, CRY1, PHYB у резуховидки). В основе

преобразования информации о количестве и спектральном составе света в ростовой, метаболический и морфогенетический ответ растений лежит принцип регулируемой деградации белков-регуляторов транскрипции генов: активная форма фоторецептора (фитохрома, криптохрома или UVR8) входит в клеточное ядро и связывается с E3-убиквитин-лигазой COP1 – ферментом, вызывающим убиквитинирование белков - активаторов и ингибиторов генетических программ, и их деградацию через 26S-протеасомы (Lau, Deng, 2012). Находясь в ядре, COP1 ингибирует фотоморфогенез, регулирует циркадные ритмы и цветение, иммунитет, взаимодействие между различными группами гормонов, работу устьиц и другие функции. Фоторецепторы способствуют выносу COP1 из ядра, и таким образом переключению генетических программ (Lau, Deng, 2012). Кроме COP1-зависимого пути, активные формы фоторецепторов в ядре клетки напрямую взаимодействуют с репрессорами транскрипции, препятствуя их работе, и таким образом также активируют ряд программ (Casal *et al*., 2014). Белки семейства ZEITLUPE не взаимодействуют напрямую с COP1, но сами являются светозависимыми E3-убиквитин-лигазами. Для фототропинов точный механизм действия пока не известен.

Последние исследования выявили, что, кроме вышеназванных механизмов, фитохромы регулируют альтернативный сплайсинг транскриптов и выбор альтернативных промоторов нескольких тысяч генов растений, в результате чего одни и те же белки могут менять клеточную локализацию (например, иметь или не иметь сигнальный домен, направляющий белок в органеллы) в зависимости от световых условий (Ushijima *et al*., 2017). Кроме того, оказалось, что особенный интерес представляет взаимодействие фитохромов с жасмонатами. В растениях жасмонаты регулируют остановку роста в ответ на стрессовое воздействие и запуск стрессового ответа (в том числе, активацию иммунитета растений; Ballare, 2014). Недавние исследования убедительно показывают, что остановка роста и запуск механизмов борьбы со стрессом представляют собой две отдельные генетические программы, которые функционируют в тесной связи, но, тем не менее, могут быть полностью разобщены у мутантов по соответствующим ключевым регуляторам этих программ (Campos *et al*., 2016). Такие мутанты в условиях стресса демонстрируют повышенную стрессоустойчивость и сильный рост, превосходящий дикий тип. Оказалось, что за остановку роста при активации жасмонатного сигналинга отвечают фитохромы. Эти данные выявляют новые потенциальные приложения изучения системы фитохромной регуляции растений для получения сортов сельскохозяйственных культур, способных давать высокий урожай в условиях стресса.

Исследования поддержаны РНФ (№14-16-00120-П). Работа выполнена на оборудовании ЦКП «Клеточные и молекулярные технологии изучения растений и грибов» Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (Санкт-Петербург).

Phytochromes and other receptors of information in plants

Voitsekhovskaja O.V.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

Plants possess five groups of receptors receiving information on light conditions, the length of the day, temperature, the presence of competitors or pathogens, gravitation and other factors. Reception of this information enables plants to make decisions necessary for survival and successful reproduction: accelerate or retard growth, start or delay flowering, choose the direction to grow, produce or inhibit branch formation, as well as tune the production of volatiles influencing growth of pathogens and competitors. These receptors include phytochromes, cryptochromes, phototropins, as well as recently discovered proteins of ZEITLUPE family and the UV-B receptor, UVR8. Phytochromes are the key regulators of plant development and functions. Recent studies demonstrated that phytochromes regulate alternative splicing of transcripts, and the selection of alternative promoters, for several thousands of genes, which can influence the intracellular localization of encoded proteins (for instance, via presence or absence of N-terminal localization signal peptides). Another novel aspect of phytochrome signaling in plants has been recently found in studies showing that growth arrest and activation of protective mechanisms in response to stress represent two separate genetic programs which, in spite of very close cooperation, can be completely uncoupled in mutants of the respective key regulators of these programs. Such mutants display enhanced resistance along with strong growth, comparable to or exceeding that of wild-type plants. Phytochromes were found to be responsible for growth arrest during activation of jasmonate signaling. These findings demonstrate a potential for applications of the investigation of phytochrome regulation in plants for obtaining crop varieties with improved productivity and resistance under stress.

Financial support of the Russian Science Foundation (#14-16-00120-P) is gratefully acknowledged. The research was done using equipment of The Core Facilities Center "Cell and Molecular Technologies in Plant Science" at the Komarov Botanical Institute RAS (St.-Petersburg, Russia)

References:

Baudry A, Ito S, Song YH, *et al.* 2010. F-box proteins FKF1 and LKP2 act in concert with ZEITLUPE to control Arabidopsis clock progression. *Plant Cell* 22: 606–622

Ballare CL. 2014. Light Regulation of Plant Defense. *Annu Rev Plant Biol*. 65: 335–63

Briggs WR, Christie JM. 2002. Phototropins 1 and 2: versatile plant blue-light receptors. *Trends in Plant Science* 7: 204–210

Burgie ES, Vierstra RD. 2014. Phytochromes: An Atomic Perspective on Photoactivation and Signaling. *The Plant Cell* 26: 4568–4583

Casal JJ, Candia AN, Selaro R. 2014. Light perception and signalling by phytochrome A. *Journal of Experimental Botany* 65: 2835–2845

Campos ML, Yoshida Y, Major IT, *et al*. 2016. Rewiring of jasmonate and phytochrome B signalling uncouples plant growth-defense tradeoffs. *Nature Communications* 7: 12510.

Lau OS, Deng XW. 2012. The photomorphogenic repressors COP1 and DET1: 20 years later. *Trends in Plant Science* 10: 584–593

Li FW, Melkonian M, Rothfels KJ, *et al*. 2015. Phytochrome diversity in green plants and the origin of canonical plant phytochromes. *Nature Communications* 6: 7852
Mishra S, Khurana JP. 2017. Emerging Roles and New Paradigms in Signaling Mechanisms of Plant Cryptochromes. *Critical Reviews In Plant Sciences* https://doi.org/10.1080/07352689.2017.1348725
Schultz TF. 2005. The ZEITLUPE Family of Putative Photoreceptors. In: *Handbook of Photosensory Receptors*. Edited by W.R. Briggs, J.L. Spudich. P. 338–347
Pierik R, deWit M. 2014. Shade avoidance: phytochrome signalling and other aboveground neighbour detection cues. *Journal of Experimental Botany* 65: 2815–2824
Tilbrook K, Arongaus AB, Binkert M, *et al*. 2013. The UVR8 UV-B Photoreceptor: Perception, Signaling and Response. *The Arabidopsis Book* e0164. doi: 10.1199/tab.0164
Ushijima T, Hanada K, Gotoh E, *et al*. 2017. Light Controls Protein Localization through Phytochrome-Mediated Alternative Promoter Selection. *Cell* 171: 1316–1325

Зри в корень: что нам известно о природе микоризного симбиоза и что ещё предстоит узнать

Воронина Е.Ю.
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия
mvsadnik@list.ru

Микориза — чрезвычайно широко распространённый и древний грибо-растительный симбиоз, сыгравший ключевую роль в адаптации обеих групп организмов к условиям жизни на суше и формировании наземной растительности (Smith, Read, 2008). Количество микобионтов оценивается в 50000, а микоризных растений — в 250000 видов (van der Heijden *et al*., 2015). Экологические функции микориз заключаются в воздействии на состав и структуру почвы, на разнообразие и сукцессии растительных сообществ, в перераспределении биогенных элементов, интенсификации их круговоротов и предотвращении оттока из экосистемы. В настоящее время микоризу трактуют как комплекс, помимо фито- и микобионта включающий сообщество ассоциативных микроорганизмов (МО), разносторонне влияющих на установление и функционирование симбиоза в природных условиях (Timonen, Marschner, 2006).

Начало научного исследования микоризного симбиоза в XIX в. положили Ф.М. Каменский и А.Б. Франк. В 1885 г. Франк ввёл термин «микориза» для обозначения видоизменённого корневого окончания, содержащего микобионт, и отметил, что это «структура, напоминающая таллом лишайника, объединение двух различных организмов в морфологически единое целое» (Trappe, 2005). В наши дни изучение микоризных симбиозов включает выявление биоразнообразия микобионтов, исследование влияния микоризы на питание растений и роли в защите от патогенов, анализ взаимодействий с почвенными МО, структуры микоризных сообществ и мицелиальных сетей, а также обмена сигналами между партнёрами и изменений их генной экспрессии при установлении и дальнейшем развитии симбиоза. В связи с частым выявлением криптических видов у грибов после внедрения методов молекулярной идентификации, существенному пересмотру подверглись представления о специфичности многих симбиозов и их географии (Tedersoo, 2017).

В настоящее время микоризы подразделяют на ряд типов в соответствии со строением контактной зоны и таксономической принадлежностью симбионтов (Brundrett, 2004). Наиболее экологически и экономически значимы в мировом масштабе и хорошо изучены арбускулярная (АМ) и эктомикориза (ЭМ). АМ — древнейший и самый распространённый растительный симбиоз, возникновение которого (около 470 млн. л. назад) по времени совпадает с выходом растений на сушу (Martin, 2017). Микобионты АМ (АМГ) — от 300 (по морфологическим) до 1600 (по молекулярным критериям) видов облигатных симбиотрофов. Фитобионты — около 200000 видов иногда факультативно микоризных преимущественно травянистых растений, как споровых, так и семенных (Brundrett, 2009). Строгой специфичности к хозяину у АМГ нет, но они часто демонстрируют избирательность и приуроченность (van der Heijden *et al*., 2015). По современным представлениям, АМГ принадлежат к кл. Glomeromycetes п/отд. Glomeromycotina отд. Mucoromycota (Spatafora *et al*., 2016). Отнесение АМГ к Mucoromycota позволило разрешить спорный вопрос об эволюционном первенстве микориз, возникший при выявлении в наиболее ранних линиях наземных растений ассоциаций с Mucoromycotina (Bidartondo *et al*., 2011). Полногеномное секвенирование модельного объекта *Rhizophagus irregularis* выявило типичное для симбиотрофов уменьшение количества генов, отвечающих за разрушение полисахаридов растительной клеточной стенки и синтез фитотоксичных метаболитов. Облигатная симбиотрофия АМГ, вероятно, определяется отсутствием некоторых ключевых генов первичного метаболизма (Tisserant *et al*., 2013). Была показана возможность полового процесса у этой долгое время считавшейся бесполой древней группы грибов (Ropars *et al*., 2016).

ЭМ характерна для Голо- и Покрытосеменных, преимущественно деревьев и кустарников (около 6000 видов). У ЭМ грибов (ЭМГ) симбиоз независимо возникал в сапротрофных линиях не менее 60 раз (Martin *et al*., 2016); они представлены в пор. Endogonales (Mucoromycotina, Mucoromycota) и в отд. Asco- и Basidiomycota. Количество ЭМГ оценивается в 20000 видов, но многие из выявлены исключительно в виде молекулярных последовательностей (van der Heijden *et al*., 2015). Однако наряду с микобионтами в корневых окончаниях регулярно встречается целый набор эндофитов, чьи функции и тип взаимоотношений с растениями только начинают исследовать (Gao, Yang, 2016). Кроме регистрации всех видов в растительных тканях необходимо выделение функциональных симбионтов, способных оказывать существенное влияние на жизнедеятельность хозяина. Для растений и большинства ЭМГ симбиоз облигатный, что у последних связано с утратой способности к

эффективному разрушению лигноцеллюлозы (Martin *et al*., 2016). Встречаются высокоспецифичные симбионты, и причины их избирательности не всегда ясны. Многие таксоны микобионтов оказались комплексными, что также повлияло на оценку их специфичности (Cairney, 2002).

Улучшение питания растения считается основной функцией микобионта, от него в симбиозе к хозяину поступает до 80 % N и P (van der Heijden *et al*., 2015). Накоплен большой объём данных о поглощении и транспорте в зоне контакта, открыт ряд грибных белков-переносчиков, показано влияние микобионта на генную экспрессию собственных переносчиков растения и интенсификацию процессов поглощения. Давно известна способность грибов использовать как источник биогенных элементов сложные соединения, недоступные для растений. ЭМГ участвуют в биовыветривании минералов и разложении подстилки, высвобождая содержащиеся в них питательные вещества. Использование устойчивых к разрушению пород продемонстрировано в микрокосмах, и очень важно изучение этих процессов в природных условиях. Необходимо установить, насколько получаемое таким образом питание соответствует потребностям симбионтов, и какую роль играют ассоциативные МО, к примеру, фосфат-растворяющие бактерии, накапливающиеся в микоризосфере (Koele *et al*., 2009; Rosenstock, 2009). Роль сапротрофной активности ЭМГ в разложении подстилки долгое время была недооценена. Гидролазная активность у них слабее, чем у сапротрофов, но есть способность к неферментативной минерализации, используемой грибами бурой гнили (Rineau *et al*., 2012). Большинство механизмов транспорта между симбионтами до сих пор является гипотетическими, неизвестна их генетическая основа и часто неясно, в какой форме вещества проходят контактную зону (Martin, 2017). Кроме того, следует обратить большее внимание на множественные трофические связи между фитобионтом и микоризосферными МО.

Второй по значимости и степени изученности функцией микориз в жизни растения является защита от патогенов. Основные механизмы: прямое ингибирование патогена или конкуренция, усиление питания и повышение жизнеспособности растения, активация защитных систем растения и индукция устойчивости или способствование развитию антагонистической патогенам микробиоты (Whipps, 2004). Фитоиммунитет подвергается влиянию микобионта, и возникает вопрос, как он сам избегает реакции растения, а также вопрос потенциального сходства генов, участвующих в колонизации хозяина микоризными грибами и фитопатогенами (Zamioudis, Pieterse, 2012). Как первая линия защиты могут выступать МО микоризосферы, в том числе МНВ, бактерии-помощники, выполняющие многочисленные функции при формировании и поддержании симбиоза (Smith, Read, 2008). Способность растения отбирать «полезные» МО, механизмы микоризосферных взаимодействий и природа сигналов в МО сообществе требуют дальнейшего изучения.

Древность микоризы и сложное строение контактной симбиотической зоны подразумевают многоступенчатый обмен сигналами в процессе узнавания, контакта и дальнейшего взаимодействия партнёров. Открыто множество сигнальных молекул АМ, таких как стриголактоны и хитоолигосахариды, но их роль ясна далеко не полностью, как и потенциальное участие в молекулярном диалоге «третьих лиц»: микоризосферных МО и эндобактерий микобионта, и регулярно наблюдаемые изменения морфологии и поведения ядра растительной клетки в процессе АМ колонизации (Martin, 2017). В отношении ЭМ показана индукция микобионтом фитогормонов и образование секретируемых белков (MiSSP), ослабляющих защитную реакцию растения, но обмен сигналами и то, какие именно гены и их продукты являются маркёрами ЭМ-стратегии, ещё предстоит выяснить (Martin *et al*., 2016).

В природных условиях микоризы обычно существуют в форме сетей, объединяющих в единое целое несколько особей симбионтов. Микобионты способны перераспределять биогенные элементы между разными видами растений, но экологическое значение потенциального транспорта для взрослых автотрофных фитобионтов нередко ставят под сомнение (Smith, Read, 2008). Однако получены данные об обмене через ЭМ сети существенных количеств фотоассимилятов между древесными растениями разных пород (Klein *et al*., 2016). В связи с этим особую значимость приобретают вопросы размера особи микобионта и структуры ЭМ сообществ, их пространственных и временных границ, а также степени корреляции между подземной и надземной частями (Martin, 2017).

По мере интенсификации и детализации исследований микоризных симбиозов, возникает всё больше новых задач. Найти для них верное решение возможно лишь путём «возвращения к корням» на современном техническом уровне – изучения природных процессов *in situ* – в природе.

Работа выполнена при поддержке РНФ, программа № 14-50-00029.

Getting at the roots: how we consider the nature of mycorrhizal symbiosis and what we are up to elucidate

Voronina E.Yu.
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Mycorrhiza is enormously widespread and ancient fungal-plant symbiosis of crucial importance for both groups of organisms' adaptation to survive on land and the keystone for terrestrial vegetation (Smith, Read, 2008). Mycorrhizal fungi are estimated as 50000, and plants as 250000 species (van der Heijden *et al*., 2015). Mycorrhiza acts as ecosystem engineer by influencing soil structure and composition, the vegetation diversity and succession direction, by nutrients allocation and preventing its losses and nutrient cycling facilitation. Currently mycorrhiza is considered as a complex of plant and fungal symbionts accompanied by an assemblage of associated microorganisms (MO). The microbial suite plays a wide range of significant roles in the symbiosis establishment and performance under natural conditions (Timonen, Marschner, 2006).

The study on mycorrhiza was started in 19th century with Franz Kamienski and Albert Frank's seminal works. Frank coined the term "mycorrhiza" in 1885 for modified root tips containing mycobiont and explained it as "the entire structure

is neither tree root nor fungus alone but resembles the lichen thallus, a union of two different organisms into a single, morphological organ" (Trappe, 2005). At present the mycorrhizal research scope embraces mycobionts' diversity investigation, studying their impact on plant nutrition, plant protection against pathogens, the interactions with soil MO, the mycorrhizal community structure and mycelial networks elucidation, and partners' signaling and gene expression during the symbiosis establishment and further maintenance. With a common revealing of cryptic species in fungi by molecular approaches employment, specificity of a number of associations and its biogeography concepts underwent drastic changes (Tedersoo, 2017).

A number of mycorrhizal types are currently recognized on the base of interface arrangement and symbionts' taxonomy (Brundrett, 2004). The most ecologically and economically important and well-studied at global scale are arbuscular (AM) and ectomycorrhizas (EM). AM is the most ancient and widespread symbiosis involving plants originated c. 470 mya at the time of plants' terrestrialization (Martin, 2017). AM fungi (AMF) are obligate symbiotrophs represented by from 300 (according to morphology) till 1600 (according to molecular criteria) species. They associate with c. 200000 predominantly herbaceous, both spore and seed plant species, sometimes with only facultative dependence on mycorrhiza (Brundrett, 2009). AMF probably lack real host-specificity, but there are common reports on their preferences and selectivity (van der Heijden *et al*., 2015). AMF current taxonomic position is Glomeromycetes, Glomeromycotina, Mucoromycota (Spatafora *et al*., 2016). Placing them within Mucoromycota resolved the ambiguity of early-steps mycorrhizas chronological priority originated from the data on early-divergent terrestrial plant lineages associated with Mucoromycotina (Bidartondo *et al*., 2011). The model species *Rhizophagus irregularis* genome sequencing revealed typically symbiotrophic reduction of genes related to plant cell wall polysaccharides cleavage and phytotoxic metabolites production. The obligate dependence on host in AMF is probably based on lack of some primary metabolism key genes (Tisserant *et al*., 2013). The evidence of sexual reproduction potential was obtained for this long-time presumed asexual ancient fungal lineage (Ropars *et al*., 2016).

EM is typical for c. 6000 mostly tree and shrub both gymno- and angiosperm plant species. EM fungi (EMF) were recruited for symbiosis not less than on 60 independent occasions from saprobic lineages (Martin *et al*., 2016). They are placed within Endogonales (Mucoromycotina, Mucoromycota) and Asco- and Basidiomycota. EMF numbers are estimated as 20000 species, but many of them were detected in plants only by molecular means (van der Heijden *et al*., 2015). But root tips harbour mycobionts as well as a plethora of root fungal endophytes with functions and relations to plant only at the start of their study (Gao, Yang, 2016). It is essential not only to consider all root-associated fungal species but to recognize true symbionts crucial for the host life. EM is obligate for plants and the majority of mycobionts. The reason for the fungi is the loss of ability for lignocellulose complex efficient degradation (Martin *et al*., 2016). There are some high-specific symbionts and the causes for the specificity are not always clear. Many mycobiont species turned out to be complex taxa, and this fact resulted in recently changed opinion on their host range (Cairney, 2002).

Plant nutrition facilitation is considered to be the main fungal activity in mycorrhizas. Mycobiont provides its host with up to 80 % N and P (van der Heijden *et al*., 2015). A vast body of data on nutrient uptake and transfer across the symbiotic interface is accumulated by now. A range of fungal transporters were revealed, the mycorrhiza-induced plant own transporters up-regulation for nutrient uptake enhancing was demonstrated. The mycobionts' ability to obtain unavailable for plant alone nutrients by complex stable compounds cleavage was known for a long time. EMF possess capacity for bioweathering and litter mineralization thus releasing nutrients from them. The recalcitrant minerals EMF-driven solubilization was demonstrated in microcosms, and it is important to address these issues under the more realistic natural conditions. We should find out if the resulting nutrient supply responds to symbionts' demands and recognize associative MO, such as concentrating in mycorrhizosphere phosphate-solubilizing bacteria, contribution to the weathering processes (Koele *et al*., 2009; Rosenstock, 2009). The role of EMF saprotrophic capacity for litter decomposition was underestimated for a long time. They possess reduced hydrolytic enzyme set comparing to saprotrophs, but are able to conduct litter mineralization by non-enzymatic mechanism similar to brown-rot fungi (Rineau *et al*., 2012). The most of mechanisms underlying mycorrhizal nutrient transfer and its genetic basics still remains hypothetical. Even the form of compounds passing through the interface is often obscure (Martin, 2017). Besides, multiple trophic interactions between plants and mycorrhizosphere MO should get more attention from the researchers.

The mycorrhiza-driven plant protection against pathogens is a good second in its ecological significance and depth of study. The main mechanisms underlying are: mycobiont's direct inhibitory or competitive effect on pathogens; nutrient fortification and plant fitness promotion; plant own defense systems priming and induced resistance; pathogen-antagonistic MO stimulation (Whipps, 2004). Plant immune system modulation by mycobiont arises the question of its way to avoid plant hostile reaction during colonization. The second issue is the potential similarity between genes related to plant colonization process in pathogens and mycorrhizal symbionts (Zamioudis, Pieterse, 2012). The first line of plant defense can be arranged by mycorrhizosphere MO, including MHB, helper bacteria with numerous roles in symbiosis establishment and maintenance (Smith, Read, 2008). The mechanisms of plant's selection favouring beneficial MO, mycorrhizosphere interactions and MO community signaling require further investigation.

The antiquity of mycorrhizal symbiosis and high complexity of symbiotic interface implies multistage signaling during the partner recognition, contact and subsequent interactions. Many signal molecules, such as strigolactones and chitooligosaccharides, were discovered in AM, but their role is far from entire elucidation. The same is true for the "third party", mycorrhizosphere MO and mycobiont's endobacteria, potential involvement in molecular cross-talk; and commonly reported changes in morphology and dynamics of the plant cell nucleus during AM colonization (Martin, 2017). In EM mycobiont was shown to induce phytohormone production in plant and to release secreted proteins (MiSSP) dampening plant defense. However the signal exchange in EM and the genes and compounds separating EM lifestyle from others are waiting for clarification (Martin *et al*., 2016).

It is common for mycorrhizas to exist in the environment in the form of mycelial networks incorporating and uniting a number of plants and fungi into a common system. Mycobiont-derived nutrients thus can be shared by several plants of different species, but ecological relevance of the transfer is often argued in the case of mature autotrophic plant individuals (Smith, Read, 2008). However the data was obtained on substantial amounts of photosynthates trading between adult trees of different species via EM networks (Klein *et al*., 2016). Thereafter such issues as fungal individual's size, EM community structure and its space and time limits along with aboveground/ underground components proportion get even more topical (Martin, 2017).

While delving more intense and deeper into mycorrhizal symbioses, the more and more questions came on the scene. To answer them properly, we can only go back to the roots with advanced techniques and approaches — to study natural processes under equally natural *in situ* conditions.

The research was supported by the Russian Science Foundation (RSCF), programme 14-50-00029.

References:

Bidartondo MI, Read DJ, Trappe JM *et al*. 2011. The dawn of symbiosis between plants and fungi. *Biol Lett* 7: 574−577.

Brundrett MC. 2004. Diversity and classification of mycorrhizal associations. *Biol Rev* 79: 473−495.

Brundrett MC. 2009. Mycorrhizal associations and other means of nutrition of vascular plants: understanding the global diversity of host plants by resolving conflicting information and developing reliable means of diagnosis. *Plant Soil* 320: 37−77.

Cairney JWG. 2002. *Pisolithus* — death of the pan-global super fungus. *New Phytol* 153: 199−201.

Gao Q, Yang ZL. 2016. Diversity and distribution patterns of root-associated fungi on herbaceous plants in alpine meadows of southwestern China. *Mycologia* 108: 281−291.

Klein T, Siegwolf RTW, Körner C. 2016. Belowground carbon trade among tall trees in a temperate forest. *Science* 352 (6283): 342−344.

Koele N, Turpault M-P, Hildebrand EE *et al.* 2009. Interactions between mycorrhizal fungi and mycorrhizosphere bacteria during mineral weathering: budget analysis and bacterial quantification. *Soil Biol Biochem* 41: 1935−1942.

Martin F (ed). 2017. Molecular mycorrhizal symbiosis. Wiley Blackwell, Hoboken.

Martin F, Kohler A, Murat C *et al*. 2016. Unearthing the roots of ectomycorrhizal symbioses. *Nat Rev Microbiol* 14: 760−773.

Rineau F, Roth D, Shah F *et al*. 2012. The ectomycorrhizal fungus *Paxillus involutus* converts organic matter in plant litter using a trimmed brown-rot mechanism involving Fenton chemistry. *Environ Microbiol* 14: 1477−1487.

Ropars J, Toro KS, Noel J. *et al*. 2016. Evidence for the sexual origin of heterokaryosis in arbuscular mycorrhizal fungi. *Nat Microbiol* 1: 16033.

Rosenstock NP. 2009. Can ectomycorrhizal weathering activity respond to host nutrient demands? *Fungal Biol Rev* 23: 107−114.

Smith SE, Read DJ. 2008. *Mycorrhizal symbiosis, 3rd ed*. Academic Press, NY.

Spatafora JW, Chang Y, Benny GL *et al*. 2016. A phylum-level phylogenetic classification of zygomycete fungi based on genome-scale data. *Mycologia*. 108: 1028−1046.

Tedersoo L (ed). 2017. Biogeography of mycorrhizal symbiosis. *Ecological Studies, vol. 230*. Springer, Cham.

Timonen S, Marschner P. 2006. Mycorrhizosphere concept. In: *Mukerji KG, Manoharachary C, Singh J (eds) Microbial activity in the rhizosphere. Soil Biology, vol. 7*. Springer, Heidelberg, pp. 155−172.

Tisserant E, Malbreil M, Kuo A *et al*. 2013. Genome of an arbuscular mycorrhizal fungus provides insight into the oldest plant symbiosis. *Proc Natl Acad Sci USA* 110: 20117−20122.

Trappe JM. 2005. A.B. Frank and mycorrhizae: the challenge to evolutionary and ecologic theory. *Mycorrhiza* 15: 277−281.

van der Heijden M, Martin FM, Selosse M-A, Sanders IR. 2015. Mycorrhizal ecology and evolution: the past, the present, and the future. *New Phytol* 205: 1406−1423.

Whipps JM. 2004. Prospects and limitations for mycorrhizas in biocontrol of root pathogens. *Can J Bot* 82: 1198−1227.

Zamioudis C, Pieterse CMJ. 2012. Modulation of host immunity by beneficial microbes. *Mol Plant Microbe Interact* 25: 139−150.

Тенденции развития современной ботаники (впечатления участника XIX международного ботанического конгресса — Шэньчжэнь, Китай, 2017)

Гельтман Д.В.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
geltman@binran.ru

Международные ботанические конгрессы проводятся один раз в шесть лет. XIX международный ботанический конгресс состоялся 23-29 июля 2017 г. в Шэнчжэне (Китайская Народная Республика). В нем приняли участие 6850 человек из 77 стран и регионов, из России было чуть более 30 участников. Официальным девизом конгресса стали слова: «Забота о растениях — забота о будущем!» (Care for plants — care for future). Было заслушано 5 открытых, 12 пленарных, 33 тематических лекций, 1440 докладов на 212 симпозиумах; также было представлено 1449 стендовых докладов.

Важнейший вывод, который позволяет сделать участие в конгрессе — молекулярных методы все шире используются в различных ботанических дисциплинах. «Молекулярная революция», вне всякого сомнения, победила. Чисто морфологические филогенетические системы сейчас представляют лишь исторический интерес, а умозаключения и предположения (в том числе и в классических областях ботаники), не подкрепленные молекулярными данными или не соотнесенные с ними, вряд ли будут серьезно рассматриваться.

Важнейшая новация этого конгресса — это возрастающий интерес к анализу больших массивов данных (big data), что том числе и оцифрованных ботанических коллекций. Хотя пока значительных достижений нет, но задача явно осознана, и интересные результаты могут появиться в самом ближайшем будущем. Происходит

изменение формы представления научных результатов: например, теперь «Флора» определенной территории — это, скорее, динамическая база данных с представлением результатов в интернете с многочисленными гиперссылками, а не только печатное издание.

Конгресс одобрил Шэнчжэнскую декларацию в области наук о растениях (Shenzhen declaration on plant sciences), в которой предложено 7 приоритетных направлений для стратегических действий ботаников мира.

Tendencies of the development of modern botany
(impressions of the participant of the XIX International Botanical Congress — Shenzhen, China, 2017)

Geltman D.V.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

International botanical congresses are held once every six years. The XIX International Botanical Congress took place at July 23-29, 2017 in Shenzhen (People's Republic of China). 6,850 people from 77 countries and regions attended the congress, Russia was represented slightly more than 30 participants. The official slogan of the congress was "Care for plants — care for the future!". There were 5 open, 12 plenary, 33 thematic lectures, 1440 reports at 212 symposia and 1449 poster presentations.

The most important impression of the Congress is that molecular methods are increasingly used in various botanical disciplines. "Molecular revolution", no doubt, has won. Purely morphological phylogenetic systems are now of only historical interest, and conclusions and assumptions (including those in the classical fields of botany), not supported by molecular data or not compared with them, are unlikely to be seriously considered.

The most important innovation of this congress is the growing interest in the analysis of big data, including digitized botanical collections. Although there are no significant achievements yet, but the task is clearly realized and interesting results can appear in the very near future. There is a clear change in the form of presentation of research results: for example, now the "Flora" of a certain territory is rather a dynamic database with the presentation of results in the Internet with and numerous hyperlinks, not just a printed book.

Congress approved the Shenzhen Declaration on Plant Sciences, which proposed seven priority areas for strategic action in world botany.

Ветвление корня: от инициации примордия к архитектуре корневой системы

Демченко К.Н.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
demchenko@binran.ru

Пластичность ветвления корневой системы является основой возможности адаптации растения к почвам, содержащим различные количества питательных веществ, от избыточного до крайне ограниченного. Современные знания о механизмах развития корня необходимы как для фундаментальной науки, так и для различных прикладных аспектов в области питания и здравоохранения. Ветвление корня является принципиальным процессом для формирования корневой системы растений и важной составляющей их продуктивности. Характер роста и ветвления корневой системы позволяет выбирать определенные типы растений для использования в фиторемедиации загрязненных почв. Образование боковых корней контролируется внутренними и внешними факторами, определяет характерную архитектуру корневой системы и ограничивает ее пластичность развития. Доклад посвящен современному прогрессу в исследовании механизмов ветвления корней в растениях от инициирования бокового корня до морфогенеза и развития, а также влиянию характера ветвления корней на физиологию растений, на примере как модельных, так и немодельных видов.

Различные типы корневых систем могут отражать различные стратегии выживания наземных сосудистых растений (Kutschera, Sobotik, 1997). Исследования молекулярно-генетических и физиологических механизмов инициации бокового корня проводятся в основном на модельном объекте биологии развития растений – *Arabidopsis thaliana* (Dubrovsky *et al.*, 2001; Parizot, Beeckman, 2012; Dubrovsky, Laskowski, 2017). В последнее время в изучение ветвления корня вовлекается широкий круг важных сельскохозяйственных культур (злаки, крестоцветные, бахчевые культуры, гречиха и др.). Представлен анализ ряда современных данных о клеточных, молекулярно-генетических и физиологических механизмах инициации и формирования боковых корней. Фитогормон ауксин выполняет множественные функции при инициации бокового корня (Du, Scheres, 2018). Он участвует как на самых начальных этапах формирования компетенции клеток перицикла к первым делениям, так и при формировании примордия, а также обеспечивает его успешное продвижение наружу через кору материнского корня. Недавние исследования убедительно показали, что образование бокового корня начинается с осцилляции концентрации ауксина в базальной части меристемы материнского корня и формирования в некоторых клетках его центрального цилиндра максимума клеточного ответа на ауксин (De Smet, Jurgens, 2007; ten Tusscher, Laskowski, 2017). Следующим этапом является спецификация клеток-основательниц (founder cells) в перицикле и последующее образования точки ветвления (prebranch site) (Moreno-Risueno *et al.*, 2010). В данном обзоре мы суммируем достижения последних нескольких лет в нашем понимании начальных этапов детерминации клеток перицикла, приводящих к образованию бокового корня, механизмов регуляции пролиферации клеток перицикла и окружающих тканей, положения места инициации боковых корней вдоль оси материнского корня, а также гормональных факторов и их мишеней, осуществляющие последовательную программу развития бокового корня.

Приводятся данные о роли ауксина в этом процессе, а также о механизмах передачи гормонального сигнала на молекулярные мишени, обеспечивающие закладку боковых корней. Ключевыми факторами, участвующими в образовании локальной компетенции клеток перицикла к инициации примордия бокового корня, являются транскрипционный фактор *GATA23* (De Rybel *et al.*, 2010) и мембранно-ассоциированный киназный регулятор *MAKR4* (Xuan *et al.*, 2015). Особую роль также играют малые сигнальные пептиды семейства RALF, представитель которого RALF34 непосредственно вовлечен в инициацию примордия и является возможным элементом этиленового сигналинга (Murphy *et al.*, 2016). Также показана роль тканей корня, окружающих перицикл, в регуляции начальных этапов пролиферации клеток при инициации бокового корня и формировании архитектуры корневой системы (Marhavý *et al.*, 2013). Приведены новые данные о вкладе элементов цитоскелета (миозин 11-К) в регуляцию ризогенеза (Abu-Abied *et al.*, 2018).

Однако, среди цветковых растений имеется целый ряд семейств, у которых инициация и развитие примордия бокового корня происходит непосредственно в меристеме родительского корня (Дубровский, 1986; Demchenko *et al.*, 2001). Показана ключевая роль ауксина на начальных этапах инициации бокового корня у таких растений, в частности у Тыквенных (Ilina *et al.*, 2018). Также обсуждаются механизмы, позволяющие некоторым видам создавать обширную корневую систему в кратчайшие сроки после прорастания. Рассматриваются возможные эволюционные механизмы определения места инициации бокового корня у цветковых растений.

Исследования поддержаны Российским научным фондом (грант 16–16–00089).

Root branching: from primordia initiation to architecture of the root system

Demchenko K.N.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

The root system mediates an adaptation of higher plants to different soil types containing nutrient contents ranging from abundant to extremely limited. Our knowledge of the mechanisms of root production in plants has the potential to greatly benefit human health as roots are used widely as food, source of pharmaceutical compounds. Root systems could be bred to improve water and nutrient acquisition efficiency and for phytoremediation applications. Root branching in plants is a cardinal process of root system formation and an essential constituent of plant health. LR formation is controlled by intrinsic and extrinsic pathways and it determines the characteristic architecture of the root system and limits its developmental plasticity.

Different types of root systems may reflect different strategies of adaptation of vascular plants to land (Kutschera, Sobotik, 1997). In recent years, a vast array of experimental data on this subject has been collected. Investigations were carried out on the model plant *Arabidopsis thaliana* (Dubrovsky *et al*., 2001; Parizot, Beeckman, 2012; Dubrovsky, Laskowski, 2017) as well as on a wide range of important crops (cereals, crucifers, gourds, buckwheat and others). The accumulated data allow the identification of economically important traits of root systems that can be exploited to design breeding strategies to optimize root system function. This review contains an analysis of the current data on cellular, molecular genetic and physiological mechanisms of lateral root initiation and development. The phytohormone auxin performs multiple functions during lateral root initiation (Du, Scheres, 2018). It participates in the earliest stages by determining of competence for the first division by pericycle cells that leads to primordium formation. Furthermore, auxin facilitates the emergence of the primordium from the parental root cortex. Recent studies have shown that the formation of the lateral root begins with the oscillation of auxin concentrations in the basal part of the parental root meristem and the formation of an auxin response maximum in some cells of central cylinder (De Smet *et al*., 2007; ten Tusscher, Laskowski, 2017). The next stage is the specification of founder cells in the pericycle and the subsequent formation of the prebranch site (Moreno-Risueno *et al*., 2010). Questions ranging from the mechanisms that determine which pericycle cells can become founder cells for lateral root primordia, the mechanisms of regulation of cell proliferation, the positioning of lateral roots along the axis of the parental root, and hormonal factors and their targets, all leading to the successive development of lateral roots, are discussed in this review. Data on the role of auxin in this process and on the mechanisms of auxin signal transduction in the course of lateral root initiation are provided. The key factors involved in the determination of the competence of pericycle cells to initiate lateral root primordia are the transcription factor *GATA23* (De Rybel *et al*., 2010) and the membrane-associated kinase regulator *MAKR4* (Xuan *et al*., 2015). Small signal peptide RALF34 is directly involved in primordial initiation and is a possible element of ethylene signaling (Murphy *et al*., 2016). Special attention is paid to the role of neighboring cell layers in the control of the initial stages of cell proliferation in the pericycle that result in the formation of a new organ (Marhavý *et al*., 2013).

However, there are a number of families among flowering plants in which the initiation and development of lateral root primordia occurs directly in the parental root meristem (Dubrovsky, 1986; Demchenko *et al*., 2001). For the first time, data on the key role of auxin in lateral root primordia initiation in these species, in particular in Cucurbitaceae (Ilina *et al*., 2018), are presented in this review, and the mechanisms that open the opportunity for early and rapid branching of the main root are discussed. Special attention is paid to evolutionary mechanisms of branching site determination in flowering plants.

This report focuses on the mechanisms and consequences of root branching in plants from lateral root initiation to development, and in addition to the impact of root branching characteristics on plant physiology, from model to non-model species.

This research was supported by the Russian Science Foundation (grant no. 16-16-00089).

References:

Abu-Abied M, Belausov E, Hagay S, Peremyslov V, Dolja V, Sadot E. 2018. Myosin XI-K is involved in root organogenesis, polar auxin transport and cell division. *Journal of Experimental Botany*: ery112-ery112.

De Rybel B, Vassileva V, Parizot B, Demeulenaere M, Grunewald W, Audenaert D, Van Campenhout J, Overvoorde P, Jansen L, Vanneste S, *et al.* 2010. A novel Aux/IAA28 signaling cascade activates GATA23-dependent specification of lateral root founder cell identity. *Current Biology* 20: 1697–1706.

De Smet I, Jurgens G. 2007. Patterning the axis in plants - auxin in control. *Curr. Opin. Genet. Dev.* 17: 337–343.

Demchenko KN, Demchenko NP, Danilova MF. 2001. Initiation and development of lateral root primordia in *Triticum aestivum* (Poaceae) and *Cucurbita pepo* (Cucurbitaceae) seedling. *Botanicheskii zhurnal (Botanical Journal, Leningrad)* 86: 14–30.

Du Y, Scheres B. 2018. Lateral root formation and the multiple roles of auxin. *Journal of Experimental Botany* 69: 155–167.

[Dubrovsky] Дубровский И.Г. 1986. Динамика размножения клеток и клеточные комплексы (клеточные пакеты) в зародышевом зачатке бокового корня огурца. *Онтогенез* 17: 525–533.

Dubrovsky JG, Laskowski M 2017. Lateral root initiation. In: Tomas B, Murray BG, Murphy DG (eds.) *Encyclopedia of Applied Plant Sciences (Second Edition)*. Oxford, GB: Academic Press, 256–264.

Dubrovsky JG, Rost TL, Colon-Carmona A, Doerner P. 2001. Early primordium morphogenesis during lateral root initiation in *Arabidopsis thaliana*. *Planta* 214: 30–36.

Ilina EL, Kiryushkin AS, Semenova VA, Demchenko NP, Pawlowski K, Demchenko KN. 2018. Lateral root initiation and formation within the parental root meristem of Cucurbita pepo: is auxin a key player? *Annals of Botany*.

Kutschera L, Sobotik M. 1997. *Bewurzelung von Pflanzen in den verschiedenen Lebensräumen*: Landesmuseum.

Marhavý P, Vanstraelen M, De Rybel B, Zhaojun D, Bennett MJ, Beeckman T, Benkova E. 2013. Auxin reflux between the endodermis and pericycle promotes lateral root initiation. *EMBO Journal* 32: 149–158.

Moreno-Risueno MA, Van Norman JM, Moreno A, Zhang J, Ahnert SE, Benfey PN. 2010. Oscillating gene expression determines competence for periodic Arabidopsis root branching. *Science* 329: 1306–1311.

Murphy E, Vu LD, Van den Broeck L, Lin Z, Ramakrishna P, van de Cotte B, Gaudinier A, Goh T, Slane D, Beeckman T, *et al.* 2016. RALFL34 regulates formative cell divisions in Arabidopsis pericycle during lateral root initiation. *Journal of Experimental Botany* 67: 4863–4875.

Parizot B, Beeckman T 2012. Genomics of root development. In: Crespi M ed. *Root genomics and soil interactions*. Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd., 3–28.

ten Tusscher KH, Laskowski M. 2017. Periodic lateral root priming, what makes it tick. *The Plant Cell*.

Xuan W, Audenaert D, Parizot B, Möller BK, Njo Maria F, De Rybel B, De Rop G, Van Isterdael G, Mähönen Ari P, Vanneste S, *et al.* 2015. Root cap-derived auxin pre-patterns the longitudinal axis of the *Arabidopsis* root. *Current Biology* 25: 1381–1388.

АЛЬГОЛОГИЯ

Динамика темновой потери биомассы в культуре диатомовой водоросли *Phaeodactylum tricornutum*

Авсиян А.Л.
Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН, Севастополь, Россия
anna.l.avsiyan@gmail.com

Важной составляющей в балансе продуктивности микроводорослей и цианобактерий является темновая потеря биомассы (ТПБ). Однако исследования динамики ТПБ в литературе практически отсутствуют. Ранее была предложена модель, описывающая динамику ТПБ с учётом удельной скорости эндогенного расхода резервных соединений (Авсиян, 2014). Целью работы было исследование динамики снижения биомассы в темноте в культуре *Phaeodactylum tricornutum* Bohlin, и определение влияния температуры на её характеристики.

В исследовании использовали культуру *P. tricornutum* (Bacillariophyta) из коллекции культур ИМБИ РАН. Водоросли инкубировали в темноте при температуре от 10 до 25 °С. Отбор проб проводили через 1, 2, 3, 4, 6, 8 и 24 часа. Плотность культуры определяли путём измерения оптической плотности, используя коэффициент перехода k_{D750}=0.576 г/л ед. опт. пл.$^{-1}$. Для расчёта удельной скорости расхода биомассы использовали модель, описанную в работе (Авсиян, 2014).

При нахождении в темноте во всех вариантах наблюдалось экспоненциальное снижение плотности культуры. Такой характер зависимости сходен с результатами, полученными для *Arthrospira platensis* Gomont, а также с данными о снижении интенсивности дыхания микроводорослей со временем нахождения в темноте (Grobbelaar, 1985). Общая ТПБ для вариантов 10, 15 и 20 °С была одинаковой и равной 10.8 % от начальной биомассы, и лишь при 25 °С ТПБ была выше и составила 12.4 %. μ_L отличалась в разных вариантах опыта и варьировала от 0.68 до 1.23 ч$^{-1}$. В диапазоне от 10 до 20 °С μ_L возрастала с повышением температуры, а при 25 °С снижалась до 0.86 ч$^{-1}$. Характер влияния температуры на ТПБ у *P. tricornutum* может быть обусловлен тем, что это холодолюбивый вид и температура 25 °С выше его оптимума.

Dark biomass loss dynamics in diatom *Phaeodactylum tricornutum* culture

Avsiyan A.L.
The A.O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research of RAS, Sevastopol, Russia

Dark biomass loss (DBL) is an important component of productivity balance in microalgae and cyanobacteria. However, the research on DBL dynamics is virtually absent. Previously, a model was proposed that described DBL dynamics based on the specific rate of reserve compounds endogenous expenditure (Avsiyan, 2014). The research objective was to study biomass decreasing dynamics in the dark in *Phaeodactylum tricornutum* Bohlin culture and to define the temperature influence on its characteristics.

P. tricornutum (Bacillariophyta) culture from IMBR of RAS culture collection was used in the research. The algae were incubated in the dark at the temperature ranging from 10 to 25 °C. Sampling was carried out at 1, 2, 3, 4, 6, 8 and 24 h. Culture density was determined by optical density measurement using conversion factor k_{D750}=0.576 g/l o.d.u.$^{-1}$. Specific biomass expenditure rate (μ_L) was calculated using the model described in (Avsiyan, 2014).

All variants showed exponential culture density decrease in the dark. Such relation pattern agrees with the results obtained for *Arthrospira platensis* Gomont as well as with the data on microalgae respiration rate decrease with dark incubation time (Grobbelaar, 1985). Total DBL was the same for 10, 15 and 20 °C variants yielding 10.8 % of initial biomass, and only at 25 °C, DBL was higher equaling 12.4 %. μ_L varied in different experiment variants, making up from 0,68 to 1,23 h^{-1}. Within the range from 10 to 20 °C, μ_L increased with the temperature increase and declined to 0.86 h^{-1} at 25 °C. The pattern of temperature influence on DBL for *P. tricornutum* may be due to the fact that it is cold-loving species and 25 °C temperature is above its optimum.

Особенности жизненного цикла динофлагеллят *Prorocentrum minimum* (Dinophyceae, Prorocentrales)

Бердиева М.А., Калинина В.О.
Институт цитологии РАН, Санкт-Петербург, Россия
maria.berd4@yandex.ru

Динофлагелляты – группа одноклеточных эукариот в составе клады Alveolata. Эти организмы являются одной из доминирующих форм морского фитопланктона, они играют важную роль в функционировании водных экосистем. *Prorocentrum minimum* (Pavill.) Schiller – представитель планктонных армированных динофлагеллят, вид-космополит, распространенный как в холодных водах умеренных регионов, так и в тропических широтах, демонстрирующий высокие темпы и успешность заселения новых регионов (Hajdu *et al.*, 2005; Heil *et al.*, 2005; Glibert *et al.*, 2008, 2012; Telesh *et al.*, 2016). Вспышки численности этих динофлагеллят были зафиксированы в прибрежных водах практически по всему миру (Heil *et al.*, 2005). Однако ряд таких ключевых вопросов, как модель жизненного цикла, кариотип, плоидность вегетативной стадии, остаются нерешенными. В отсутствие исчерпывающих данных о стратегиях развития динофлагеллят данного вида невозможно говорить о механизмах успешности их распространения и причинах резких вспышек численности, а также эффективности адаптации к

стрессовым условиям.

В данной работе мы рассматриваем гетерогенность лабораторной популяции динофлагеллят *P. minimum* с точки зрения возможной сложности жизненного цикла этих протистов. С помощью светооптических методов, в т. ч. методов флуоресцентного мечения, проанализированы особенности морфологии клеток, определены линейные размеры клеток и ядер, выявлены предположительные стадии развития. Изучена тонкая организация клеток с использованием методов электронной микроскопии. Получены данные, касающиеся кариотипа динофлагеллят *P. minimum*. Начата работа по выявлению динамики гетерогенности популяции, оценке сложности жизненного цикла и разработке его модели для *P. minimum*. Полученные результаты согласуются с данными последних лет о пластичности и сложности стратегий развития динофлагеллят (Dalpena *et al*., 2015; Figueroa *et al*., 2015; Salgado *et al*., 2017).

Поддержано грантом Российского научного фонда №-16-14-10116.

The life cycle of the dinoflagellate *Prorocentrum minimum* (Dinophyceae, Prorocentrales)

Berdieva M.A., Kalinina V.O.
Institute of Cytology of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

Dinoflagellates are a unicellular eukaryote group within the Alveolata clade. They play an important role in the functioning of aquatic ecosystems as one of the marine phytoplankton dominant forms. *Prorocentrum minimum* Schiller is a common planktonic armored dinoflagellate. It is widespread both in the cold waters of temperate regions and in tropical latitudes, demonstrating a high rate and success in occupying new areas (Hajdu *et al*., 2005; Heil *et al*., 2005; Glibert *et al*., 2008, 2012; Telesh *et al*., 2016). *P. minimum* blooms were registered in coastal waters around the world (Heil *et al*., 2005). However, a number of key issues such as the life cycle model, the karyotype, and the ploidy of the vegetative stage remain unresolved. It is necessary to elucidate the development strategies of these protists in order to understand their successful spreading, high efficiency of adaptation to stressful conditions, and the reasons for the sudden surges in their population size.

In this work, we consider the heterogeneity of *P. minimum* laboratory population in terms of the possible complexity of their life cycle. The cell morphology and linear sizes of cells and nuclei were analyzed by light microscopy and fluorescent labeling methods. The presumed stages of the life cycle were revealed. The cell fine structure was studied using the electron-microscopic methods. The data on *P. minimum* karyotype were obtained. We began work on identifying the dynamics of *P. minimum* population heterogeneity, assessing its life cycle complexity and developing the life history model. The obtained results are consistent with the recent data on the plasticity and complexity of dinoflagellates' developmental strategies (Dalpena *et al*., 2015; Figueroa *et al*., 2015; Salgado *et al*., 2017).

Funded by the Russian Science Foundation, project 16-14-10116.

Методические подходы к изучению почвенных водорослей

Буевич Т.А.
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия
arrana-w@yandex.ru

Водоросли населяют разные наземные места обитания, в том числе их можно встретить в почве или на ее поверхности, где они играют важную роль в почвенных сообществах. Основные функции водорослевых сообществ в почве заключаются в выработке первичной продукции, фиксации азота и стабилизации почвенных частиц. Почвенные водоросли встречаются в разных систематических группах (Cyanobacteria, Chlorophyta, Ochrophyta, Euglenophyta и др.).

Несмотря на то, что они изучены значительно меньше по сравнению с водорослями, обитающими в водных экосистемах, по почвенным водорослям существует достаточно много исследований. Большинство этих публикаций посвящено флористическим исследованиям или роли водорослей для почвенных сообществ и плодородия почв. Также есть работы, посвященные, методам сбора почвенных водорослей, их выделения и культивирования и т.д. К сожалению, многие из описанных методов, берущих свое начало из флористической альгологии и почвенной микробиологии, оказываются не эффективными.

В докладе будут обобщены данные по эффективности использования разных методов для изучения почвенных водорослей на основе литературы и собственных исследований автора.

Methodical approaches to the studying soil algae

Buevich T.A.
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Algae are present in different terrestrial habitats, they occur both on and beneath the soil surface, where they play an important role in soil communities. The main functions of algal communities in the soil include primary production, fixation of nitrogen and stabilization of soil aggregates. Soil algae belong to different macrotaxa (Cyanobacteria, Chlorophyta, Ochrophyta, Euglenophyta, etc.).

Although they are studied less than aquatic algae, many investigations on soil algae have been already performed.

Most publications dealt with some floristic studies, or with the role of algae for soil communities and soil fertility. Some publications concerned the methods of sampling, isolation and cultivation of soil algae etc. Unfortunately, many methods used for soil algae studies, were initially developed for algal floristics and soil microbiology, and are not effective.

My presentation will summarize the literature and original data on the effectiveness of different methods for soil algae studies.

Vaucheria compacta (_Xanthophyceae_) – новый для России атлантический вид, недавно найденный в Волге и Финском заливе

Вишняков В.С.
Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, п. Борок, Ярославская область, Россия
aeonium25@mail.ru

Vaucheria DC. представляет довольно крупный род жёлто-зелёных водорослей, обычных в различных водных, полуводных и влажных наземных биотопах по всему миру. В России сообщалось о ~26 видах, включая 8 недавно найденных в Сибири и Верхневолжье (Свириденко и др., 2013; Вишняков, 2015, 2016). Нет ничего необычно в том, чтобы установить новый для России вид среди такой плохо изученной группы водорослей, как вошерии, однако удивительным стало обнаружение двудомного вида секции Piloboloideae, *V. compacta* (Collins) Collins ex W.R. Taylor, на берегах Волги в Ярославской обл. летом и осенью 2017 г. Этот вид ранее был известен как ограниченный в распространении атлантическими побережьями Европы и Сев. Америки, где он населяет биотопы широкого диапазона солёности, в том числе пресноводные. *V. compacta* снова был собран в октябре того же года в г. Сестрорецке, и эта находка стала первой в Финском заливе. В новых местонахождениях *V. compacta* формировал коврики на заиленном песке и массово образовывал половые органы и апланоспорангии. Как и в других пресноводных местообитаниях, новые популяции имели признаки разновидности, описанной как *V. compacta* var. *dulcis* Simons, к которой также относятся некоторые изолированные от морских берегов речные популяции этого вида (Dangeard, 1939; Simons, 1974; Schneider *et al*., 1996). Обнаружение типичного эстуарного вида вошерии в Волге указывает на его высокий миграционный потенциал в пресные воды и обновляет новыми данными проблему инвазий чужеродных видов водорослей (Корнева, 2015). Волжские местонахождения *V. compacta* являются наиболее удалёнными от океана. С учётом современных знаний о распределении вида и новой находки в Финском заливе его миграция из Балтийского моря посредством Волго-Балтийского водного пути представляется наиболее правдоподобной. Однако, неясным остаётся, проник ли *V. compacta* в Волгу недавно или долговременно обитал в реке, оставаясь просто не выявленным предыдущими исследованиями. Пока же можно утверждать одно: эта чужеродная водоросль не оказывает какого-либо негативного влияния на бентосные сообщества Волги.

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ (№ 16-34-01139).

Vaucheria compacta (_Xanthophyceae_), a new to Russia Atlantic species discovered recently in the Volga river and the Gulf of Finland

Vishnyakov V.S.
Papanin Institute for Biology of Inland Waters of the Russian Academy of Sciences, Borok, Russia

Vaucheria DC. is a relatively large genus of yellow-green algae common in different aquatic, semiaquatic and moist terrestrial habitats worldwide. In Russia ca. 26 species have been reported, including 8 species discovered recently from Siberia and the Upper Volga Region (Sviridenko *et al*., 2013; Vishnyakov, 2015, 2016). There is nothing unusual in discovering a species new to Russia among such poorly studied group of algae as Vaucherias, the surprising thing was to reveal a dioecious species of section Piloboloideae, *V. compacta* (Collins) Collins ex W.R. Taylor, on the banks of the Volga river in Yaroslavl Region in summer and autumn 2017. The species was previously known as restricted to the Atlantic coasts of Europe and North America, where it inhabits a diverse range of biotopes with different salinities as well as freshwater. *V. compacta* was collected again in Sestroretsk in October that year, and this finding appeared to be the first in the Gulf of Finland. In the new locations, *V. compacta* formed tufted mats on the silty sand and produced a lot of sexual organs and aplanosporangia. As well as in other freshwater habitats, the newly discovered populations show morphological features fitting the variety described as *V. compacta* var. *dulcis* Simons. Some isolated populations of the species from freshwater riverine non-coastal conditions also belong to this variety (Dangeard, 1939; Simons, 1974; Schneider *et al*., 1996). The occurrence of the typical estuarine *Vaucheria* in the Volga river indicates its high migration potential from the coastal oceanic areas in freshwater and updates the problem of non-native algae invasions (Korneva, 2015). The Volga river locations of *V. compacta* appear to be the most remote from the ocean. Considering the current knowledge of the species distribution, as well as with the new find in the Gulf of Finland, its migration from the Baltic Sea via the Volga-Baltic Waterway seems to be the most plausible explanation. However, it remains unclear whether *V. compacta* entered the Volga river recently, or whether it has inhabited the river for a long time and was just missed during the previous observations. Currently, it can be argued that this non-native alga does not have any negative impact on benthic communities of the Volga river.

Financial support for this work was provided by RFBR (16-34-01139).

Видовое разнообразие бентосных цианопрокариот прибрежной зоны некоторых биотопов Невской губы Финского залива Балтийского моря

Горин К.К., Никитина В.Н.
Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
lordspg@yandex.ru

Изучен видовой состав, разнообразие, экологические особенности и динамика структурных показателей бентосных цианорокариот прибрежной зоны Невской губы Финского залива.

Материал для работы отбирали в сентябре 2010–2012 гг. в прибрежье заказника «Северное побережье Невской губы», и в период с сентября 2013 г. по октябрь 2014 г. на станциях расположенных в акватории Невской губы.

За весь период исследования в бентосе обнаружено 68 видов цианопрокариот представителей порядков *Nostocales* (24 вида), *Chroococcales* (23 вида) и *Oscillatoriales* (21 вид).

Больше всего представителей цианопрокариот приурочены исключительно к рыхлым субстратам – 28 видов. На растениях и других цианопрокариотах было выявлено 16 видов. 9 видов показали более широкую экологическую принадлежность к субстратам и встречались одновременно в пробах эпипелона и эпифитона. Исключительно на твёрдых субстратах встречалось 10 видов бентосных цианопрокариот. Было обнаружено два вида, встречавшихся как в эпифитоне, так и в эпилитоне (*Merismopedia punctata* Meyen, *Snowella lacustris* (Chod.) Komárek et Hind.). Лишь два вида произрастали на всех исследуемых типах субстрата – это *Leptolyngbya angustissima* (W. et G.S.West) Anagn. et Kom. и *Phormidium granulatum* (Gardn.) Anagn. Всего один вид был обнаружен одновременно на рыхлых и твёрдых субстратах – это *Oscillatoria limosa* Ag. ex Gom.

Для сообществ цианопрокариот были характерны регулярные смены значительной части преобладающего комплекса видов в течение вегетационного сезона 2014 г. Наиболее стабильными по показателям видового разнообразия бентосных цианопрокариот в период исследования можно считать обследованные прибрежные биотопы северного и южного прибрежья Невской губы. Экологические условия биотопов устья Большой Невки были наименее благоприятны для развития бентосных сообществ цианопрокариот.

Species diversity of benthic cyanoprokaryotes' coastal habitats of the Neva Bay of the Gulf of Finland

Gorin K.K., Nikitina V.N.
St. Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

Species composition and diversity, environmental features, dynamics of structural features of benthic cyanoprokaryotes coastal habitats of the Neva Bay of the Gulf of Finland was studied in the article.

The working materials were collected in September 2010–2012 at the coastal zone of *The Northern coast of the Neva Bay* nature reserve and during September 2013–October 2014 at stations in the water area of the Neva Bay.

Over the research period 68 species of cyanoprokaryotes were discovered in the benthos, representating the orders of Nostocales (24 sp.), Chroococcales (23 sp.) and Oscillatoriales (21 sp.).

Most of the cyanoprokaryote representatives, 28 species, inhabit exclusively loose substrate. On plants and other cyanoprocaryotes, 16 species were found. 9 species allowed for a broader ecological substrate, occurring simultaneously in the samples of the epipelon and epiphyton. 10 species of benthic cyanoprokaryotes were found on the solid substrate only. There were two species which could be found in both epiphyton and epilithon (*Merismopedia punctata* Meyen, *Snowella lacustris* (Chod.) Komárek et Hind.). Only two of all the species were growing on every type of the investigated substrates, including *Leptolyngbya angustissima* (W. et G.S.West) Anagn. et Kom. and *Phormidium granulatum* (Gardn.) Anagn. Only one of all the species, *Oscillatoria limosa* Ag. ex Gom., was found both on loose and solid substrate. Through the vegetation season of 2014, it was characteristic of the cyanoprokaryotic coomunities to change the significant part of their species complex on a regular basis. We can conclude that the most stable biotopes in terms of indicators of species diversity of benthic cyanoprokaryotes through the research period included the coastal biotopes of the northern and southern coasts of the Neva Bay. The biotopes at the mouth of the Bolshaya Nevka river provided the worst conditions for the development of benthic communities of cyanoprokaryotes.

Физиологическое состояние *Palmaria palmata* в период полярной ночи

Добычина Е.О.[1], Рыжик И.В.[2,3]
[1] Мурманский государственный технический университет, Мурманск, Россия;
[2] Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, Мурманск, Россия;
[3] Мурманский арктический государственный университет, Мурманск, Россия;
katyadobychina@yandex.ru, alaria@yandex.ru

Palmaria palmata (L.) Kuntze – массовый вид, произрастающий в среднем горизонте литорали Мурманского побережья Баренцева моря. Биомасса водорослей составляет около 2 кг/м^2. Данный вид и его родственники активно используются в пищу в странах Северной Европы, он является одним из перспективных для аквакультуры, в том числе санитарной.

Исследования водорослей проводились в зимний период с ноября 2017 по февраль 2018 г. Водоросли

отбирали раз в месяц с литорали Кольского залива Баренцева моря. Анализировали внутреннее строение, содержание сухого вещества и фотосинтетических пигментов (хлорофилла А, каротиноидов, фикобилинов (фикоцианин, фикоэритрин), активность ферментов каталазы, и супероксиддисмутазы (СОД). Выявлено, что в зимний период у водорослей происходит снижение активности физиологических процессов. Содержание сухого вещества в талломах водорослей уменьшается, что может быть связано с потреблением запасных питательных веществ в период полярной ночи. Содержание пигментов (хлорофилла А, каротиноидов и фикобилинов) также нестабильно: за исследованный период минимальное количество отмечается в январе. Уровень каталазы изменяется в пределах 49.6–133.5 ед./мг сыр. массы, СОД – 0.024–0.029 ммоль/мг сыр. массы. В зимний период у водорослей происходит образование тетраспорангиев. При микроскопическом исследовании в талломах пальмарии обнаружены водоросли-эндофиты, представители не менее трех родов *Ulvella sp., Chlorochytrium sp., Streblonema sp*, эпифиты в исследуемый период не обнаружены.

The physiological state of *Palmaria palmata* during the polar night

Dobychina E.O.[1], Ryzhik I.V.[2,3]
[1]Murmansk State Technical University, Murmansk, Russia;
[2] Murmansk Marine Biological Institute of the Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences, Murmansk, Russia;
[3]Murmansk Arctic State University, Murmansk, Russia

Palmaria palmata (L.) Kuntze is a widespread species of algae in the coastal zone of the Murmansk region. The biomass of the algae reaches 2 kg/m^2. This species is used as food in the Nordic countries. Cultivation has been successfully implemented in the countries of Western Europe.

For the purposes of our investigation, the seaweed was sampled in winter (from November 2017 up to February 2018) on the littoral zone of the Kola Bay, the Barents Sea. The internal structure, the content of dry weight and photosynthetic pigments (chlorophyll A, carotenoids and phycobilins), and the activity of catalase enzymes and superoxide dismutase (SOD) were analysed.

It was revealed that in winter the physiological activity of the algae decreased. The dry matter content in the thallus of algae decreased, probably due to the consumption of reserved nutrients during the polar night. The content of photosynthetic pigments (chlorophyll A, carotenoids and phycobilins) was not stable, with a minimum in January. The level of catalase activity varied between 49.6 and 133.5 units/mg of fresh weight, SOD – 0.024–0.029 mmol/mg of fresh weight. During the winter season, formation of tetrasporangia takes place. Microscopic examination revealed endophytes inside the thallus representing at least three genera of *Ulvella sp., Chlorochytrium sp.,* and *Streblonema sp.* Epiphytes were not revealed.

Ростовые характеристики *Phaeodactylum tricornutum* при накопительном культивировании на минеральной среде с органическим источником углерода

Жондарева Я.Д., Горбунова С.Ю.
Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН, Севастополь, Россия
yana.zhondareva@yandex.ru

При разработке методов интенсивного культивирования микроводорослей актуальной задачей становится создание оптимальных питательных сред, обеспечивающих нелимитируемый элементами минерального питания рост. С этой задачей тесно связан вопрос об углеродном обеспечении клеток водорослей, так как углерод составляет 50% их биомассы. Так, рост микроводорослей зависит от углеродного питания клеток. Водоросли способны ассимилировать содержащиеся в среде органические вещества и осуществлять гетеротрофный тип питания, или сочетать его совместно с фотосинтезом, переходя на миксотрофное питание.

Целью работы было исследование ростовых характеристик накопительной культуры диатомовых микроводорослей *Phaeodactylum tricornutum* Bohlin при дополнительном углеродном обеспечении. В качестве источника углерода в эксперименте использовали мелассу как высокоэнергетическое сырье.

Культура *P. tricornutum* достигла стационарной фазы роста с продуктивностью 0.48 г/л·сут$^{-1}$ и максимальной плотностью 2.1 г/л. Прекращение роста объясняется наступлением углеродного компенсационного пункта фотосинтеза и энергетическим лимитированием культуры вследствие ее самозатенения по мере увеличения плотности. Внесение в среду мелассы привело к увеличению плотности культуры в 2.5 раза.

После внесения в среду органического субстрата в эксперименте был отмечен 4-дневный лаг-период. За это время в клетке формируются симпорт-системы для переноса органического вещества через мембрану.

Таким образом, углерод в культуре микроводорослей является важным показателем продуктивного роста *P. tricornutum* как модельного объекта для изучения физиологических реакций водорослей на присутствие в среде органических соединений.

Growth characteristics of *Phaeodactylum tricornutum* under batch culture on mineral medium with an organic carbon source

Zhondareva Ya.D., Gorbunova S.Yu.
The A.O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research of RAS, Sevastopol, Russia

In order to develop methods for intensive cultivation of microalgae, it is necessary to create optimal nutrient media that provide growth unrestricted by the availability of mineral nutritional elements. This problem is closely related to the issue of providing algal cells with carbon, because carbon makes up 50 % of their biomass. Thus, the growth of microalgae depends on the carbon nutrition of cells. Algae are able to assimilate organic substances contained in the medium and use the heterotrophic type of nutrition, or combine it with photosynthesis, switching to mixotrophic nutrition.

The aim of the work was to study the growth characteristics of a batch culture of diatom microalgae *Phaeodactylum tricornutum* Bohlin with additional carbon support. High-energy molasses was used as the source of carbon in the experiment.

The culture of *P. tricornutum* reached the stationary phase of growth with the productivity of 0.48 g/l·day^{-1} and the maximum density of 2.1 g/l. The termination of growth could be explained by the onset of the carbon compensation point of photosynthesis and energy limitation of the culture due to its self-shadowing with increasing density. The addition of molasses as a supplementary carbon source into the medium led to the culture density increase by 2.5 times.

The 4-day lag-period was observed in the experiment after the addition of organic substrate to the medium. This time must have beens spent on the formation of simport-systems in the cell to transfer of organic matter through the membrane.

Thus, carbon in microalgae culture is an important indicator of the productive growth of *P. tricornutum* as a model object to study the physiological reactions of algae to the presence of organic compounds in the nutrient medium.

Макрофиты острова Ряжков (Белое море)

Иванов С.Д., Михайлова Т.А.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
SIvanov@binran.ru

Несмотря на более чем 200-летную историю изучения флоры водорослей Белого моря, многие его районы остаются недостаточно изученными. Район острова Ряжков, расположенный в кутовой части Кандалакшского залива, представляет несомненный интерес, поскольку он входит в состав Кандалакшского Государственного природного заповедника. Кроме того, уже более 50 лет на острове проводятся летние биологические экспедиции школьников и студентов. В связи с этим точные сведения о фитобентосе имеют немаловажное значение, как для оценки биологического разнообразия заповедной зоны, так и в образовательном аспекте.

Из трех публикаций, посвященных кутовой части Кандалакшского залива (Нинбург, Шошина, 1986; Михайлова *и др*., 2017, Наумов *и др*., 2017), можно составить лишь приблизительное представление о составе водорослей острова, поскольку сборы были выполнены либо в отдаленных от острова участках, либо без указания конкретно к нему относящихся находок.

Материал для настоящего исследования был собран легководолазным способом в диапазоне глубин от 1.5 до 5.5 метров в Южной губе острова Ряжков в июле 2016–2017 гг. Было обработано 25 проб. Выявлено 44 вида макрофитов: 11видов Chlorophyta, 17 – Rhodophyta и16 – Phaeophyceae. В целом, состав водорослей характерен для верхней сублиторали Белого моря. Тем не менее, установлено, что вид *Dumontia contorta* (S.G.Gmelin) Ruprecht, обычно ограниченный литоральной зоной, в нашем материале неоднократно был обнаружен на глубине 1.5–2 м. В зоне сублиторальных фукоидов отмечено 23 вида, в зоне ламинарий – 38 видов. Для ряда видов подготовлены микрофотографии особенностей анатомического строения, которые можно использовать в процессе обучения молодых специалистов. Наши данные также позволяют дополнить список водорослей кутовой части Кандалакшского залива на 5 видов: *Acrosiphonia flagellate* Kjellman , *Blidingia chadefaudii* (Feldmann) Bliding, *Urospora penicilliformis* (Roth) Areschoug, *Haplospora globosa* Kjellman и *Acrochaetium secundatum* (Lyngbye) Nägeli.

Seaweeds of the Rashkov island (The White Sea)

Ivanov S.D., Mikhaylova T.A.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

The history of the study of marine algae in the White Sea dates back to the 18th century. Nevertheless, many areas have not been sufficiently studied so far. As the Rashkov Island is located in the northern part of the Kandalaksha Bay and is part of the Kandalaksha State Nature Reserve, it was due to attract the attention of scientists. Moreover, in this place summer biological expeditions of schoolchildren and students have been taking place for more than 50 years. Therefore, detailed knowledge of seaweed flora is very relevant. The species composition of marine algae of the inner part of the Kandalaksha Bay is provided in a few publications (Ninburg, Shoshina, 1986; Mikhaylova *et al*., 2017; Naumov *et al*., 2017). However, no records from the Rashkov Island proper have been reported.

In this study sampling was carried out at the depth of 1.5–5.5 m by SCUBA diving at the Yuzhnaya bight of the Ryazhkov Island in July 2016–2017. 25 samples were processed. Forty four species of macroalgae were found: 11

belonging to Chlorophyta, 17, to Rhodophyta, and 16, to Phaeophyceae. The overall species composition of algae turned out to be characteristic to the upper sublittoral of the White Sea. Nevertheless, usual inhabitant of the intertidal zone, the red alga *Dumontia contorta* (S.G. Gmelin) Ruprecht was recorded at the depth of 1.5–2 m. Twenty three species were found in the belt of subtidal fucoids, 38 species were found in the laminaria belt. A series of photo illustrations of the anatomical structure of some species for educational training was produced. *Acrosiphonia flagellate* Kjellman, *Blidingia chadefaudii* (Feldmann) Bliding, *Urospora penicilliformis* (Roth) Areschoug, *Haplospora globosa* Kjellman. and *Acrochaetium secundatum* (Lyngbye) Nägeli are reported for the first time for the inner part of the Kandalaksha Bay.

Бурая водоросль *Alaria esculenta* (*Laminariales, Ochrophyta*) во флоре морских водорослей восточной Камчатки

Климова А.В., Клочкова Т.А.
Камчатский государственный технический университет, Петропавловск-Камчатский, Россия
annaklimovae@mail.ru

До последнего времени на основании ревизии дальневосточных ламинариевых водорослей, проведенной Ю.Е. Петровым в 1973 г., считалось, что у побережья восточной Камчатки встречаются два вида аларий – *Alaria angusta* Kjellm. и *A. marginata* Postels *et* Rupr. Несмотря на очевидные морфологические различия между ними результаты выполненного нами молекулярно-филогенетического анализа по трем локусам ДНК – из хлоропластов (Rubisco), ядра (rDNA) и митохондрий (COI), показали, что они на 99.8–100 % идентичны в генетическом отношении (COI – 100 %, rDNA – 99.8 %, Rubisco – 100 %), т.е. являются одним биологическим видом. При этом они также имеют высокий процент генетического сходства с атлантическими растениями *A. esculenta* (L.) Grev. (COI – 96.5–96.9 %, rDNA – 94.5–98.8 %, Rubisco – 99.3–98.7 %). Мы полагаем, что в настоящее время наиболее целесообразно относить камчатские образцы аларий к разным формам *A. esculenta*, поскольку несмотря на генетическое совпадение, они отличаются в морфологическом отношении.

A. esculenta у побережья восточной Камчатки впервые была указана А. Постельсом и Ф.И. Рупрехтом в 1840 г. В Северной Пацифике они описали для нее три «разности»: α *angustifolia,* β *latifolia* и γ *pinnatifida*. На основании анализа их описаний и изучения морфологии хранящихся в гербарии БИН РАН (LE) аутентичных образцов мы полагаем, что *A. angusta* и *A. marginata* в альгофлоре восточной Камчатской указывались ошибочно и их следует относить к формам *A. esculenta:* f. *angustifolia* Postels *et* Ruprecht и f. *latifolia* Postels *et* Ruprecht, для чего нами были предложены соответствующие номенклатурные комбинации. Указанные формы полностью соответствуют приведенным Ю.Е. Петровым описаниям видов *A. angusta* и *A. marginata*.

Третья «разность» *A. esculenta* γ *pinnatifida,* выделенная А. Постельсом и Ф.И. Рупрехтом, признана *таксономически незаконной и отнесена к синонимам A. esculenta, поскольку морфологический признак, на основании которого она была выделена,* отражает ее возрастную изменчивость и свойственен алариевым водорослям в целом.

Brown alga *Alaria esculenta* (Laminariales, Ochrophyta) in the seaweed flora of eastern Kamchatka

Klimova A.V., Klochkova T.A.
Kamchatka State Technical University, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia

Until recently, it was believed that there are two laminarian species, *Alaria angusta* Kjellm. and *A. marginata* Postels *et* Rupr., distributed over the coast of eastern Kamchatka (based on the revision of the Far Eastern laminariaceaen algae by Yu.E. Petrov in 1973). Despite obvious morphological differences between these species, our molecular-phylogenetic analysis based on the chloroplast Rubisco, nuclear rDNA, and mitochondrial cytochrome oxidase subunit 1 (COI) genes showed 99.8–100 % similarity between them (COI – 100 %, rDNA – 99.8 %, Rubisco – 100 %), i.e. they belong to the same biological species. Kamchatka plants are also genetically identical to *A. esculenta* (L.) Grev. from the Atlantic coast (similarity in COI – 96.5–96.9 %; in rDNA – 94.5–98.8 %; in Rubisco – 99.3–98.7 %). We believe, all this considered, our *Alaria* samples from Kamchatka should be attributed to different forms of *A. esculenta*, because, despite their genetic similarity, they differ morphologically.

The species *A. esculenta* was first recorded from eastern Kamchatka in 1840 by A. Postels and F.I. Ruprecht, who described three «variations» for this species in the northern Pacific region: α *angustifolia*, β *latifolia* and γ *pinnatifida*. We performed a comparative analysis of their descriptions and studied the morphology of the authentic specimens, which are currently stored in the herbarium of the Komarov Botanical Institute (LE). From our observations, we concluded the following: *A. angusta* and *A. marginata* were erroneously reported for the algal flora of eastern Kamchatka; these taxa should be referred to the forms of *A. esculenta*, f. *angustifolia* Postels *et* Rupr. and f. *latifolia* Postels *et* Rup. Thus we proposed new nomenclatural combinations. The latter forms correspond to the descriptions of *A. angusta* and *A. marginata*, respectively, provided by Yu.E. Petrov.

The third «variation», *A. esculenta* γ *pinnatifida,* was recognized as a *nomen illegitimum* and synonymised with *A. esculenta*, since its so-called specific morphological character is actually an age-related morphological variabile and is common in *Alaria* species in general.

Свободные аминокислоты водоросли *Fucus vesiculosus* (Phaeophyceae: Fucales) Баренцева моря в весенний период

Клиндух М.П.
Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, Мурманск, Россия
klindukh.maria@yandex.ru

Весна является периодом интенсивного вегетативного роста для большинства водорослей в условиях Мурмана. Вдоль побережья Мурманского берега Баренцева моря температура воды падает при движении с запада на восток, что может стать причиной задержки начала интенсивной вегетации и сместить сроки размножения у длиннодневных видов водорослей на более поздний период. Известно, что интенсивность ростовых процессов влияет на распределение свободных аминокислот (САК) между активно синтезирующими и растущими частями таллома у водорослей рода *Laminaria* J.V.Lamouroux. В данной работе было показано распределение САК по таллому у водорослей *F. vesiculosus* L., произрастающих в разных биотопах Баренцева моря. Определение содержания САК в бурой водоросли проводили в разных частях таллома (апексах, средней части, рецептакулах) по модифицированной методике с помощью ВЭЖХ. В результате проведённой работы было выявлено, что в составе САК всех исследованных образцов *F. vesiculosus* в апреле преобладали аланин, аспарагиновая и глутаминовая кислоты. *F. vesiculosus*, произрастающие в акваториях западной части Мурманского берега и Кольском заливе, содержат больше (в 1.5–3.4 раза) САК в апексах по сравнению со средней частью таллома. У фукусов, собранных в акваториях восточной части Мурманского берега, содержание САК больше в средней части таллома, чем в апексах. Рецептакулы водорослей в 4 из 7 исследованных биотопах содержали больше (в 1.3–5.3 раза) САК, чем остальные части таллома. У остальных фукусов в рецептакулах содержалось практически такое же количество САК, как и в апексах. Вероятно, на распределение САК между апексами и средней частью таллома у *F. vesiculosus* в апреле влияет температура морской воды. Содержание САК в рецептакулах, скорее всего, связано со стадией их развития.

Free amino acids of alga *Fucus vesiculosus* (Phaeophyceae: Fucales) from the Barents Sea in spring

Klindukh M.P.
Murmansk Marine Biological Institute of the Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences, Murmansk, Russia

Spring is a period of intensive vegetative growth for most algae in the conditions of Murman. Along the Murmansk coast of the Barents Sea, the water temperature drops when moving from west to east, which can cause a delay in the onset of intensive vegetation and shifts the reproduction time for long-term algae species to a later period. It is known that the intensity of growth processes affects the distribution of free amino acids (FAA) between the actively synthesizing and the growing parts of the thallus in algae of the genus *Laminaria* J.V.Lamouroux. In this paper the distribution of FAA in the thallus of algae *F. vesiculosus* L., growing in different biotopes of the Barents Sea is discussed. Determination of FAA content in brown algae was carried out in different parts of the thallus (apexes, middle parts, receptacles) by a modified method using HPLC. It was revealed that in April, the alanine, aspartic and glutamic acids prevailed in the composition of the FAA of all the investigated samples of *F. vesiculosus*. *F. vesiculosus*, which grow in the water areas of the western part of the Murmansk coast and the Kola Bay, contain more (1.5–3.4 times) FAA in the apex as compared with the middle part of the thallus. In *Fucus* L. collected in tidal zone of the eastern part of the Murmansk coast, the content of FAA is greater in the middle part of the thallus than in the apexes. Algal receptacles in 4 out of 7 investigated biotopes contained more (1.3–5.3 times) FAA than the other parts of the thallus. The rest of the *Fucus* contained in their receptacles almost the same amount of FAA as in the apexes. Thus, in April, the temperature of sea water most probably influences the distribution of FAA between apexes and the middle part of the thallus in *F. vesiculosus*. The content of FAA in the receptacles is most likely related to the stage of their development.

Видовое разнообразие фитопланктона поверхностных вод южного Байкала на примере малой мониторинговой точки «Мангутай»

Кондратьева Е.М.
Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
katherinekondratyeva@gmail.com

Фитопланктон является первичным звеном экосистемы Байкала, на видовом составе которого базируется оценка современного состояния озера. Для осуществления регулярных наблюдений за состоянием фитопланктона в настоящее время используется несколько стационарных пунктов. Однако важным дополнением к этой работе, на наш взгляд, могла бы стать предлагаемая система малых мониторинговых точек, сетью охватывающая Байкал. Информация о состоянии поверхностных вод разных районов озера позволила бы дополнить и уточнить данные, полученные ранее, а также получить инструмент, чутко реагирующий на небольшие, часто кажущиеся незначительными изменения. Примером может служить основанная нами в начале осени 2015 года мониторинговая точка в районе пос. Мангутай, откуда с тех пор регулярно доставляются пробы фитопланктона. Поселок выбран как точка, ярко иллюстрирующая район незначительной антропогенной нагрузки. В период наблюдений нами обнаружено 15 видов фитопланктонных организмов, ряд которых встречаются круглогодично,

остальные делятся на два комплекса – зимний и летний. Хорошо заметно наличие зимнего комплекса видов, представленного динофитовыми водорослями *Elakatothrix lacustris* Korshikov, *Gymnodinium coeruleum* Dogiel, *Ceratium hirundinella* Dujard. Кроме того, после ледостава появляются представители синезеленых. Летний комплекс видов включает, помимо разнообразных диатомовых, еще и представителей зеленых и золотистых водорослей. Представители рода *Spyrogira sp.* обнаруживаются в пробах с марта по ноябрь, но никогда не доминируют.

Таким образом, результаты, полученные на первом этапе работы проекта, хорошо отражают состояние фитопланктона поверхностных вод Южного Байкала. Проект доказал свою целесообразность, и сеть малых мониторинговых точек будет расширена.

Phytoplankton species diversity in south Baikal surface waters on the example minor monitoring point «Mangutai»

Kondratyeva K.
Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Phytoplankton is a primary element of the ecosystem of Lake Baikal. The species composition is based on the assessment of the current state of the lake. For the regular monitoring of the state of phytoplankton, several stations are currently used. In our opinion, the proposed system of minor monitoring points could be an important addition to this work. Information on the state of surface water in different areas of the lake would complement and refine the data. We can obtain a tool for sensitively reacting to small, insignificant changes. An example is the monitoring point in Mangutai, from where samples of phytoplankton are regularly delivered. This point was founded in 2015. Mangutai was chosen as a point which could give a vivid picture of an area under minor anthropogenic influence. During the observation period, we detected 15 species of phytoplankton organisms. Some species occur year-round, the rest are divided into winter and summer complexes. The existence of the winter complex of species is evident, represented by dinophyte algae *Elakatothrix lacustris* Korshikov, *Gymnodinium coeruleum* Dogiel, and *Ceratium hirundinella* Dujard. After the freeze-up, members of the blue-green algae make their appearance. In addition to a variety of diatoms, the summer complex of species includes various types of green and golden algae. Members of the genus *Spyrogira sp.* show up in samples from March to November, but they never dominate. Thus, the results obtained at the first stage of the project adequately reflect the state of phytoplankton of the surface waters of Southern Baikal. The project proved useful, and the network of minor monitoring points will be expanded.

Содержание белка в талломах красных водорослей Белого моря.

Кушнарева А.В., Лемешева В.С., Тараховская Е.Р.
Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
light6elf@gmail.com

Морские водоросли – ценный биологический ресурс, богатый и разнообразный по биохимическому составу. Многие морские макрофиты имеют пищевую ценность, в т.ч. содержат значительное количество белка – основного макронутриента, в котором нуждаются как пищевая промышленность, так и сельское хозяйство. Наибольшим содержанием белка среди водорослей отличаются представители отд. Rhodophyta. Красные макрофиты широко представлены в альгофлоре Белого моря, однако их прикладной потенциал в настоящее время недостаточно изучен. Целью данной работы было определение общего содержания белка, а также доли растворимого белка в талломах ряда красных водорослей-макрофитов Белого моря.

В качестве объектов использовали 11 видов красных макрофитов, обитающих в Кандалакшском заливе Белого моря в районе УНБ «Беломорская». Содержание общего и растворимого белка определяли по методу Лоури-Фолина. Для определения общего содержания белка гомогенизированый растительный материал предварительно кипятили в щелочной среде в присутствии детергента.

Исследованные нами виды показали различное содержание белка, в отдельных случаях – довольно высокое. Наибольшее содержание общего белка – около 30 % от сухой массы образца – показал вид *Ceramium rubrum* C.Agardh, однако доля наиболее легко усвояемой растворимой фракции белка в этой водоросли относительно низка. Высокое общее содержание белка показали и другие водоросли с нитчатыми талломами – *Rhodomela subfusca* (Woodw.) C.Agardh и *Polysiphonia urceolata* (Lightf. ex Dillwyn) Grev. – у последней отмечено наибольшее содержание растворимой фракции белка (~12 % сух. массы). Наименьшее содержание белка обнаружено у используемого в промышленности вида-агароноса *Ahnfeltia plicata* (Huds.) Fr., а также у *Furcellaria fastigiata* (Turner) J.V.Lamouroux, сходной с анфельцией по структуре таллома.

По результатам исследования мы можем заключить, что некоторые виды макрофитных красных водорослей Белого моря, не используемые в промышленности, обладают потенциалом в качестве источников белка.

Проект выполняется при поддержке РФФИ (№ 17-04-01331).

Protein content in the thalli of the red algae from the White Sea

Kushnareva A.V., Lemesheva V.S., Tarakhovskaya E.R.
St. Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

Marine algae provide a valuable biological resource, known for its rich and diverse biochemical composition. Many marine macroalgae are of considerable nutritional value, in particular, high content of protein – an important macro-nutrient for food industry and agriculture. Members of the phylum Rhodophyta have the highest protein content among the algae. Although macrophytic red algae are widely represented in the White Sea algal flora, their practical potential is not fully investigated yet. The objective of this study was to determine the total and soluble protein content in the thalli of some red algae from the White sea.

We studied 11 species of red macroalgae inhabiting the Kandalaksha Bay in the proximity of the Belomorskaia educational and research biostation. The content of total and water-soluble protein was measured using the Lowry-Folin assay. To extract the total protein, homogenized plant material was boiled with detergent in the alkaline medium.

The studied species demonstrated various levels of protein content, relatively high in some cases. *Ceramium rubrum C.Agardh* had the highest content of the total protein (~30 % DW), but relatively low percentage of soluble, the most easily absorbed protein. The other two filamentous species, *Rhodomela subfusca* (Woodw.) C.Agardh and *Polysiphonia urceolata* (Lightf. ex Dillwyn) Grev., also gave high protein yield, the latter showing the highest percentage of soluble protein fraction (~12 % DW). The lowest protein content was found in the industrially used agar-producing species *Ahnfeltia plicata* (Huds.) Fr. and also *Furcellaria fastigiata* (Turner) J.V.Lamouroux, whose thallus structure is similar to that of Ahnfeltia.

We conclude that several species of the White Sea red macroalgae, which are currently not used in the industry, can be considered as a potential source of protein.

The research was supported by the RFBR (project №17-04-01331).

Масс-спектрометрический анализ флоротаннинов бурых водорослей пор. Fucales, занимающих разные зоны литорали

Лемешева В.С.[1], Биркемайер К.[2], Тараховская Е.Р.[1]
[1]Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;
[2]Лейпцигский университет, Лейпциг, Германия;
st035098@student.spbu.ru

Бурые водоросли характеризуются рядом специфических особенностей физиологии и биохимии, в частности, наличием уникальных метаболитов – флоротаннинов. Это один из наименее изученных классов фенольных соединений, который представлен множеством разнообразных молекул, образованных путем полимеризации флороглюцина (1,3,5-триоксибензола). Флоротаннины участвуют во многих процессах жизнедеятельности макрофитов: от интеграции в клеточную стенку, участия в эмбриогенезе и биоадгезии до защиты от фитофагов, УФ-излучения и др. В данной работе в качестве объектов использованы 3 представителя порядка Fucales (*Fucus serratus* L., *F. vesiculosus* L., и *Pelvetia canaliculata* (L.) Decne et Thur.) – эти водоросли имеют высокое содержание флоротаннинов и различаются по экологическим характеристикам, занимая разное положение на литорали. Сложное устройство талломов фукусовых водорослей позволяет выделить в них морфологически и функционально различающиеся зоны: основание, средняя зона, апексы (зона роста) и рецептакулы (органы размножения). Мы предположили, что особенности экологии объектов найдут отражение в специфике распределения флоротаннинов по таллому. В ходе исследования был проведен анализ полифенолов методом HPLC-MS. Поскольку разнообразие молекул флоротаннинов и их способность образовывать множественные изомерные структуры затрудняют детальный анализ высокомолекулярных соединений, работа была сконцентрирована на оценке содержания полифенолов со степенями полимеризации от 3 до 18. Показано, что разные виды водорослей обладают специфическим набором флоротаннинов с характерными молекулярными массами. Например, в тканях *F. vesiculosus* содержатся преимущественно низкомолекулярные флоротаннины, в то время как *P. canaliculata* характеризуется содержанием высокомолекулярных полифенолов. *F. serratus* продемонстрировал наиболее явные отличия по содержанию и спектру флоротаннинов в различнх зонах таллома.

Проект выполняется при поддержке РФФИ (№ 17-04-01331).

Mass-spectrometry of phlorotannins in brown algae of the order Fucales inhabiting in different intertidal zones

Lemesheva V.S.[1], Birkemeyer C.[2], Tarakhovskaya E.R.[1]
[1] St. Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia;
[2] Leipzig University, Leipzig, Germany

Brown algae are characterized by many specific biochemical features, including the presence of unique metabolites, phlorotannins. This is one of the least studied classes of phenolic compounds represented by a variety of molecules formed by polymerization of phloroglucinol (1,3,5-trihydroxybenzene). Phlorotannins are involved in many aspects of brown macrophyte physiology contributing to the cell wall formation, embryogenesis, bioadhesion, protection against

phytophages, UV-protection, etc. The members of the order Fucales (*Fucus serratus* L., *F. vesiculosus* L., и *Pelvetia canaliculata* (L.) Decne et Thur.) were choosed as objects for this study because they have high phlorotannins content in the tissues and differ in their ecology, inhabiting different intertidal zones. Fucoids have complex thallus structure and their thalli can be divided into several zones differing in both morphology and physiology, including thallus base, middle zone, apices (growing zone) and receptacles. We assumed that the ecological features of these species might be reflected in the specific distribution of phlorotannins along their thalli. Polyphenols extracted from different thallus zones were analyzed by HPLC-MS. The diversity of phlorotannin molecules and their ability to form multiple isomeric structures hamper their detailed analysis. Therefore, our study was focused on the analysis of the phlorotannins with polymerization degrees from 3 to 18. The results revealed that different species of fucoid algae had specific quantitative sets of polyphenols with different molecular masses. For example, *F. vesiculosus* tissues contain predominantly low molecular weight phlorotannins, while *P. canaliculata* tends to accumulate high molecular weight polyphenols. The most significant differences in phlorotannin profiles between thallus zones were shown for *F. serratus*.

The research was supported by the RFBR (№ 17-04-01331).

Таксономический состав фитопланктона рек Верхняя Ерга и Уфтюга (Вологодская область)

Макарёнкова Н.Н.
Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства им. Л.С. Берга, Вологодское отделение, Вологда, Россия
mackarenckowa@yandex.ru

Реки Верхняя Ерга (l=140 км, $S_б$=1270 км^2) и Уфтюга (l=134 км, $S_б$=2860 км^2) являются одними из крупных притоков р. Сухоны. В 2016–2017 гг. фитопланктон р. Верхняя Ерга был представлен 63 видами, разновидностями и формами водорослей, р. Уфтюги – 59. Всего отмечено 96 видов водорослей из 7 отделов, 11 классов, 14 порядков, 33 семейств, 45 родов. Преобладают по числу видов представители отдела Bacillariophyta – 60 таксонов. Chlorophyta объединяют 16 видов, Cryptophyta – 8, Cyanophyta – 7, Dinophyta – 2, Euglenophyta – 2, Chrysophyta – 1. Основное количество видов сконцентрировано в семействах Naviculaceae, Fragilariaceae, Cryptomonadaceae, Achnanthaceae, Surirellaceae, Aulacosiraceae, Cymbellaceae, Chlorellaceae, Desmidiaceae, Diatomaceae. Ведущими родами являются *Cryptomonas* (*C. borealis* Skuja, *C. curvata* Ehr., *C. erosa* Ehr., *C. gracilis* Skuja, *C. marssonii* Skuja, *C. obovata* Skuja, *C. reflexa* (Marss.) Skuja), *Navicula* (*N. cryptocephala* Kütz., *N. hungarica* var. *capitata* Cl., *N. pupula* Kütz., *N. radiosa* Kütz., *N. slesvicensis* Grun., *Navicula* sp.), *Monoraphidium* (*M. arcuatum* (Korsch.) Hind., *M. contortum* (Thur.) Kom.-Legn., *M. griffithii* (Berk.) Kom.-Legn., *M. tortile* (W. et G.S. West) Kom.-Legn.), *Aulacoseira* (*A. ambigua* (Grun.) Sim., *A. distans* (Ehr.) Sim., *A. distans* var. *alpigena* (Grun.) Sim., *A. italica* (Kütz.) Sim.), *Cocconeis* (*C. placentula* Ehr., *C. placentula* var. *lineata* (Ehr.) V. H., *C. placentula* var. *klinoraphis* Geitler, *C. pediculus* Ehr.), *Synedra* (*S. acus* Kütz., *S. pulchella* (Ralfs) Kütz., *Synedra* sp., *S. tenera* W. Sm., *S. ulna* (Nitzsch) Ehr.). Индекс видового разнообразия Шеннона по численности фитопланктона равняется 3.14±0.36 (Верхняя Ерга) и 3.39±0.31 (Уфтюга), по биомассе – 2.35±0.48 и 2.42±0.28 соответственно.

Taxonomic composition of phytoplankton of the Verkhnyaya Erga and Uftuga rivers (Vologda region)

Makarenkova N.N.
Berg State Researh Institute on Lake and River Fisheries, Vologda Department, Vologda, Russia

The Verkhnyaya Erga (l=140 km, S_B=1270 km^2) and Uftuga (l=134 km, S_B=2860 km^2) rivers are among the main tributaries of the Sukhona River. In 2016–2017 phytoplankton of the Verkhnyaya Erga River was represented by 63 species, varieties and forms of algae, while that of the Uftuga River, by 59. In total, 96 species of algae from 7 departments, 11 classes, 14 orders, 33 families, and 45 genera were registered. The number of Bacillariophyta species is predominant, comprising 60 taxa. Chlorophyta include 16 species, Cryptophyta – 8, Cyanophyta – 7, Dinophyta – 2, Euglenophyta – 2, Chrysophyta – 1. The largest number of species is concentrated in the families Naviculaceae, Fragilariaceae, Cryptomonadaceae, Achnanthaceae, Surellaceae, Aulacosiraceae, Cymbellaceae, Chlorellaceae, Desmidiaceae, and Diatomaceae. The leading genera include *Cryptomonas* (*C. borealis* Skuja, *C. curvata* Ehr., *C. erosa* Ehr., *C. gracilis* Skuja, *C. marssonii* Skuja, *C. obovata* Skuja, *C. reflexa* (Marss.) Skuja), *Navicula* (*N. cryptocephala* Kütz., *N. hungarica* var. *capitata* Cl., *N. pupula* Kütz., *N. radiosa* Kütz. *N. slesvicensis* Grun., *Navicula* sp.), *Monoraphidium* (*M. arcuatum* (Korsch.) Hind., *M. contortum* (Thur.) Kom.-Legn., *M. griffithii* (Berk.) Kom.-Legn. *M. tortile* (W. et G. S. West) Kom.-Legn.), *Aulacoseira* (*A. ambigua* (Grun.) Sim., *A. distans* (Ehr.) Sim., *A. distans* var. *alpigena* (Grun.) Sim., *A. italica* (Kütz.) Sim.), *Cocconeis* (*C. placentula* Ehr., *C. placentula* var. *lineata* (Ehr.) V. H., *C. placentula* var. *klinoraphis* Geitler, *C. pediculus* Ehr.), *Synedra* (*S. acus* Kütz. *S. pulchella* (Ralfs) Kütz., *Synedra* sp., *S. tenera* W. Sm., and *S. ulna* (Nitzsch) Ehr.). The index of Shannon species diversity for phytoplankton amount is 3.14±0.36 (Verkhnyaya Erga), 3.39±0.31 (Uftuga), and for biomass, 2.35±0.48 and 2.42±0.28 accordingly.

Морфометрические и количественные характеристики *Dunaliella viridis* при разном углеродном обеспечении в накопительной культуре

Меметшаева О.А.
Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН, Севастополь, Россия
olga.memetshaeva@mail.ru

Скорость роста, физиологическое состояние, форма и размер клеток меняются на протяжении жизненного цикла микроводорослей и зависят от элементов минерального питания в среде. Изменение морфометрических параметров может являться следствием приспособления культуры к недостатку углерода. Поэтому целью данной работы являлось исследование морфофизиологических свойств популяции *Dunaliella viridis* Teod. при накопительном культивировании в условиях углеродного лимитирования.

В ходе эксперимента определено, что удельная скорость роста, продуктивность, максимальная биомасса и численность клеток в условиях дефицита углерода ниже, чем в контрольном варианте. Отмечено изменение физиологического состояния популяции микроводорослей, сопровождающееся отслаиванием протопласта от клеточной оболочки, потерей жгутиков и способности к активному движению. Так, в экспоненциальной фазе роста средняя доля делящихся клеток при полном углеродом обеспечении и его недостатке составила 21 и 16 % соответственно, а по окончанию линейной фазы – уменьшилась в 2.1 раза в контрольном и в 1.7 раза в опытном вариантах. Средняя доля мертвых клеток, в экспоненциальной фазе роста, составила 20 % в двух вариантах и на протяжении линейной фазы сократилась до 7 и 10 % в контрольном и опытном вариантах.

Анализируя изменения морфопараметров клеток *D. viridis*, находящихся в вегетативной и репродуктивной стадиях, можно отметить, что в ходе накопительного культивирования средний объём клеток при полном углеродом обеспечении менялся в зависимости от фазы роста культуры, в то время как лимит по углероду ограничивал рост клеток на одном уровне в ходе эксперимента. Так, в контрольном варианте, в экспоненциальной, линейной и стационарной фазах роста наблюдалось увеличение среднего объёма делящихся микроводорослей в 1.4, 1.6 и 1.9 раза соответственно, чем в вегетативном состоянии. В опытном варианте лимитирование углерода ограничило рост микроводорослей на одном уровне, связи с этим, увеличение среднего объема было выше в 1.5, 1.5 и 1.6 раз соответственно.

Morphometric and quantitative characteristics of *Dunaliella viridis* with different carbon content in batch culture

Memetshaeva O.A.
The A.O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research of RAS, Sevastopol, Russia

The growth rate, physiological state, shape and size of cells vary throughout the life cycle of microalgae and depend on the elements of mineral nutrition present in the environment. The change in morphometric parameters can result from the culture adapting to the deficiency of carbon. Therefore, the aim of this work was to study the morphophysiological features of the population of *Dunaliella viridis* Teod. in batch culture under the conditions of carbon limitation.

In the course of the experiment it was determined that the specific growth rate, productivity, maximum biomass and number of cells under the conditions of carbon deficiency are lower than in the control variant. A modification in the physiological state of the microalgae population was noted, accompanied by exfoliation of the protoplast from the cell wall, loss of flagella and the ability to move actively. Thus, in the exponential phase of growth, the average fraction of dividing cells at full carbon provision and its shortage was 21 and 16 %, respectively, and at the end of the linear phase it decreased by 2.1 times in the control and 1.7 times in the experimental variant. The average percentage of dead cells, in the exponential phase of growth, was 20 % in two variants, and decreased during the linear phase to 7 and 10 % in the control and experimental variants, respectively.

Analyzing the changes in morphoparameters of *D. viridis* cells in the vegetative and reproductive stages, it can be noted that during accumulation cultivation, the average cell volume at full carbon provision varied depending on the growth phase of the culture, while the absence of carbon restricted cell growth to the same level during the experiment. Thus, in the control version, in the exponential, linear and stationary growth phases, an increase in the average volume of fissile microalgae was observed by 1.4, 1.6 and 1.9 times, respectively, compared to that in the vegetative state. In the experimental variant the absence of carbon restricted the growth of microalgae to the same level, and the increase in average volume was 1.5, 1.5 and 1.6 times higher, respectively.

Биоразнообразие и особенности видовой структуры сообществ обводненных освещенных участков известняковых карстовых полостей

Попкова А.В.[1], Мазина С.Е.[1,2]
[1]Российский университет дружбы народов, Москва, Россия;
[2]Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия;
popkova_av@mail.ru

Входные участки подземных полостей в разной степени освещены и обводнены. Встречаются пещеры-источники, где в привходовых зонах в водных потоках развиваются эпилитные сообщества фототрофов.

Целью исследования было выявление сообществ фототрофов потоков освещенной зоны пещер-источников

Республики Абхазия: Уаз-Абаа, Аняшка, Голова Отапа, Абрскил, Хабю, Большая Шакуранская. Все пещеры заложены в известняках, имеют обширные гротовые части, сопоставимые с размером полости.

В результате в потоках были выделены 3 типа сообществ обрастаний:

1. Моновидовые сообщества красной водоросли *Hildenbrandia rivularis* (Liebm.) J.Agardh, обрастания плотно прилегали к субстрату, могли располагаться на известняке и на гальке, были погруженными в поток или находились в орошаемой зоне.

2. Сообщества с доминированием нитчатых форм цианобактерий родов *Oscillatoria* Vaucher ex Gomont и *Phormidium* Kützing ex Gomont, формирующих слизистые биопленки. В структуре биопленок обнаруживали кристаллы карбоната кальция. Возможно, это частицы известняка, на котором они формируются, поскольку под сообществами заметна дезинтеграция породы.

3. Сообщества диатомовых водорослей, которые имели различную окраску от красно-бурой до зеленовато-коричневой. Доминировали *Humidophila contenta* (Grunow) Lowe, *Amphora sp.* Ehrenb. ex Kütz., виды рода *Navicula* Bory. Эти сообщества обнаруживали либо в виде плотных обрастаний на известняке либо в ассоциации с обрастаниями цианобактерий, где они находились в верхнем слое биопленки.

В орошаемой зоне между потоком и сводом пещеры преобладали зеленые водоросли *Chlorella vulgaris* Beij. и кокковые формы цианобактерий родов *Chroococcus* Nägeli, *Microcystis* Lemmerm., *Gloeocapsa* Schaffner, *Gloeothece* C.Nägeli.

Выявленные типы сообществ обнаружены во всех исследованных пещерах.

Biodiversity and species structure of communities from flooded illuminated zones of limestone karst caves

Popkova A.V.[1], Mazina S.E.[1,2]
[1]Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia;
[2]Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

The entrance zone of hypogean cavities can be illuminated and flooded with a different intensity. Epilithic communities of phototrophs develop in the water streams in the entrance zones of outflow caves.

The aim of the present study was to identify the phototroph communities from the streams in illuminated zone of outflow caves of the Republic of Abkhazia: Oaz-Abaa, Aniashka, Otap Head, Abrskil, Habyu and Bolshaya Shakuranskaya. All caves are laid in limestone; they have extensive grotto parts comparable to the size of the cavity.

As a result, 3 types of biofouling communities were identified in the streams:

1. Mono-species communities of red alga *Hildenbrandia rivularis* (Liebm.) J.Agardh. Biofoulings were closely adhered to the substrate. They were located on limestone or pebbles and were submerged in the stream or located in the irrigated zone.

2. Communities with the dominance of filamentous forms of cyanobacteria of the genus *Oscillatoria* Vaucher ex Gomont and *Phormidium* Kütz. ex Gomont, forming mucous biofilms. Crystals of calcium carbonate were detected in the structure of biofilms. They were probably the limestone particles on which biofilms were formed, as the disintegration of the rock under the communities was observed.

3. Communities of diatom algae, which had a different coloration from red-brown to greenish-brown. *Humidophila contenta* (Grunow) Lowe, *Amphora sp.* Ehrenb. ex Kütz., species of the genus *Navicula* Bory were dominant. These communities were found either in the form of dense biofoulings on limestone or in association with cyanobacteria (diatoms were located in the upper layer of the biofilm).

The green algae *Chlorella vulgaris* Beij. and the cyanobacterial coccoid forms of the genus *Chroococcus* Nägeli, *Microcystis* Lemmerm., *Gloeocapsa* Schaffner, *Gloeothece* C.Nägeli prevailed in the irrigated zone between the stream and cave walls.

The identified types of communities were detected in all investigated caves.

Цианопрокариоты на скальных обнажениях гранитов-рапакиви

Родина О.А., Никитина В.Н., Власов Д.Ю., Сазанова К.В.
Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
oxanarod@yandex.ru

Цианопрокариоты (Ц) играют фундаментальную роль в заселении минерального субстрата, его выветривании и, следовательно, в почвообразовательных процессах. Цель работы – изучение состава Ц в биопленках на поверхности гранита-рапакиви.

Исследованы 4 карьера по добыче гранита-рапакиви на территории Финляндии. Сбор проб проводился в октябре 2015 года в стерильные контейнеры объемом до 120 мл. Для идентификации Ц проводили прямое микроскопирование проб после их отстаивания в дистиллированной воде.

Проведено сравнение 4 основных типов биопленок по составу Ц (I – слизистая, пигментированная сросшаяся с камнем плёнка, преимущественно зеленовато-оливкового цвета; II – тёмные наслоения, плотно прилегающие к поверхности камня; III – мягкие наслоения первичной почвы (ПП), легко отделяющиеся от поверхности камня, локально присутствуют мхи и лишайники; IV – ПП с развитым моховым покровом). Самым разнообразным по видовому составу является второй тип биопленок (37 таксонов). Такой вариант разнообразия

скорее всего связан с накоплением Ц в ходе сукцессии литобионтного сообщества (от стадии заселения до стадии формирования ПП). В ходе анализа 25 проб было выявлено 54 таксона Ц, относящихся к 5 порядкам, 16 семействам, 23 родам. Наибольшим количеством видов представлены пор. Synechococcales (21), сем. Leptolyngbyaceae (11) и род *Leptolyngbya* Anagn. et Komárek (8). Среди изученных Ц преобладают Р-формы и С-формы, участвующие в формировании слизистых биопленок (С-форма) или тонких кожистых биопленок, сильно срастающихся с субстратом (Р-форма). В качестве доминанта определен вид *Gloeocapsa atrata* Kütz., образующий характерные слизистые налёты на поверхности камня. Потенциально этот вид вносит большой вклад в преобразование поверхности гранита-рапакиви.

Работа выполнена при поддержке гранта СПбГУ № 1.37.151.2014 и гранта РФФИ № 16-34-00725 мол_а.

Cyanoprokaryotes on granite-rapakivi outcrops

Rodina O.A., Nikitina V.N., Vlasov D.Yu., Sazanova K.V.
St. Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia
oxanarod@yandex.ru

Cyanoprokaryotes (Cs) play a fundamental role in the colonization of mineral substrate, its weathering and, consequently, in soil-forming processes. The purpose of this work is to study the composition of Cs in biofilms on the granite-rapakivi surface.

Four quarries for extraction of granite-rapakivi on the territory of Finland were investigated. Sampling was conducted in sterile containers up to 120 ml in October 2015. To identify Cs, direct microscopy of the samples was carried out after their settling in distilled water.

Comparison of the four main types of biofilms in C composition (I – mucous, pigmented fused with stone film, predominantly greenish-olive color, II – dark layers close fitting to the surface of the stone, III – soft layers of primary soil (PS), easily separating from the stone surface, mosses and lichens are locally present, IV – PS with a developed moss cover). The composition most diverse in terms of species is observed in the 2nd biofilm type (37 taxa). This variant of diversity is most likely associated with community successions. In the course of the analysis of 25 samples, 54 taxa of Cs belonging to 5 orders, 16 families, and 23 genera were found. The greatest number of species is represented by the order Synechococcales (21), the family Leptolyngbyaceae (11) and the genus *Leptolyngbya* Anagn. et Komárek (8). P-forms and C-forms prevail among the studied Cs, forming mucous biofilms (C-form) or thin leathery biofilms that are strongly fused with the substrate (P-form). The dominant species *Gloeocapsa atrata* Kützing form a characteristic mucous films on the stone surface. Potentially, this species can make a great contribution to the transformation of granite-rapakivi stone surfaces.

The work was supported by the grant of SPbSU № 1.37.151.2014 and the RFBR grant № 16-34-00725 mol_a.

Исследование эукариотических водорослей и цианопрокариот в пресноводных водоёмах Антарктики в сезон 62-й Российской Антарктической Экспедиции

Смирнова С.В., Сафронова Т.В., Лукницкая А.Ф., Чаплыгина О.Я.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
ssmirnova@binran.ru

Антарктический континент расположен на Южном полюсе, большая часть континента находится за полярным кругом. Весь материк, за исключением небольших свободных от постоянного снежного и ледяного покрова участков, называемых антарктическими оазисами, покрыт льдом. Летом, в период полярного дня на побережье материка воздух прогревается до положительных температур, лёд на некоторых озёрах частично или полностью тает, что приводит к короткому вегетационному сезону с избытком солнечной радиации. Большую часть года водоёмы покрыты льдом. В таких условиях складываются специфические водорослевые сообщества, доминирующей группой в которых становятся цианопрокариоты.

В 2017 году в рамках сезонных работ Российской Антарктической Экспедиции в пресноводных водоёмах Антарктики были собраны пробы водорослей на территории трёх прибрежных оазисов. Сбор проб в оазисе Холмы Ларсеманн (окрестности ст. Прогресс) были начаты Т.В. Сафроновой в сезон 2016 года и продолжены Т.В. Сафроновой и С.В. Смирновой в 2017 г. Кроме того, в марте–апреле (период антарктической осени), передвигаясь на борту НЭС «Академик Фёдоров», удалось посетить оазис Ширмахера (ст. Новолазаревская) и остров Кинг-Джордж (ст. Беллинсгаузен). Целью работы являлось комплексное изучение эукариотических водорослей и цианопрокариот в континентальных водоемах, а также в наземных экосистемах Антарктики. Были собраны образцы фитопланктона, грунта и заметных невооружённым глазом скоплений во всех типах континентальных водоемов свободных от снега и льда: озерах, ручьях, лужах; а также льда, снега и наземных местообитаний.

Наибольшим видовым разнообразием в изученных регионах Антарктиды характеризуются цианопрокариоты, эта же группа во многих водоёмах преобладает по биомассе. Кроме того, были встречены представители отделов эукариотических водорослей: Bacillariophyta, Charophyta, Chlorophyta, Dinophyta, Euglenophyta, Ochrophyta (Chrysophyceae и Synurophyceae). Цианобактериально-водорослевые маты на дне озёр обычно состоят из нитчатых цианопрокариот, но с заметной долей диатомовых, зелёных и десмидиевых

водорослей. Золотистые водоросли часто встречаются в форме цист в матах на дне озер. Во временных водотоках образуют скопления нитчатые зелёные и зигнемовые водоросли. Представители эвгленовых и динофитовых водорослей в континентальных водоёмах Антарктиды редки и немногочисленны, нами было встречено только по одному представителю этих систематических групп.

Study of algae and cyanoprokaryots in fresh waters of Antarctica in the season of the 62nd Russian Antarctic Expedition

Smirnova S., Safronova T., Luknitskaya A.F., Chaplygina O.Ya.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

The Antarctic continent is located at the South Pole and most of the continent lies beyond the polar circle. The entire continent, with the exception of small areas free from permament snow and ice cover called Antarctic oases, is covered with ice. In summer, during the polar day, the air on the marine coast warms up to positive temperatures, and ice on some lakes partially or completely melts, which leads to a short growing season with an excess of solar radiation. For most of the year waterbodies are covered with ice. Under such conditions. specific algal communities with the dominance of cyanoprokaryotes develop.

In 2017, within the framework of the seasonal works of the Russian Antarctic Expedition. algae samples were collected from freshwater waterbodies of three coastal oases. Collection of samples in the oasis of the Larsemann Hills (in the vicinity of the Progress station) was started by T.V. Safronova in the season of 2016 and continued by T.V. Safronova and S.V. Smirnova in 2017. In addition, in March–April (the period of the Antarctic autumn), while traveling aboard the RV Akademik Fyodorov, the oasis of Schirmacher (Novolazarevskaya station) and King George Island (Bellingshausen station) were visited. The aim of the work was a comprehensive study of eukaryotic algae and cyanoprokaryotes in continental waterbodies and terrestrial ecosystems of the Antarctic. Samples of phytoplankton, soil, and algae aggregations visible for the naked eye in all types of continental waterbodies free from snow and ice were collected, including lakes, streams, puddles; as well as ice, snow and land habitats.

The most diverse group of algae in the studied regions of Antarctica were cyanoprokaryotes, and this group also prevails in biomass in most of the waterbodies.

Members of different systematic groups of eukaryotic algae were also found: Bacillariophyta, Charophyta, Chlorophyta, Dinophyta, Euglenophyta, Ochrophyta (Chrysophyceae and Synurophyceae). Cyanobacterial-algal mats on the bottom of lakes usually consist of filamentous cyanoprokaryotes, but with a noticeable proportion of diatoms, green and desmid algae. Golden algae were often found in the form of cysts in mats on the bottom of the lakes. In temporary streams, aggregations of filamentous green algae and members of class Zygnematophyceae were observed. Euglenophyta and Dinophyta are rare and few in the continental waters of Antarctica, and we registered only one representative of each of these systematic groups.

Стоматоцисты золотистых водорослей (Chrysophyceae, Synurophyceae) в Финском заливе

Шадрина С.Н.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
wertexy@yandex.ru

Хризофитовые представляют собой широко распространенную группу преимущественно пресноводных флагеллат, крайне разнообразных по морфологии. Они нередко составляют значительную часть биомассы фитопланктона, главным образом, в водоемах средней и низкой продуктивности. Золотистые водоросли классов Chrysophyceae и Synurophyceae характеризуются способностью продуцировать кремниевые покоящиеся стадии, называемые стоматоцистами. Они классифицируются независимо от свободноживущих форм из-за их важности и практического использования в палеоэкологических исследованиях, а также в оценках биоразнообразия в ситуациях, когда свободноживущие золотистые не наблюдаются. Стоматоцисты являются видоспецифичными, но только 10–15% из них окончательно связаны с видами, главным образом, из-за трудностей с обнаружением золотистых в природе и проблемой их культивирования в лаборатории. Так как видовая идентификация цист затруднена, то у большинства стоматоцист определяется только их принадлежность к тому или иному морфотипу.

В Финском заливе были идентифицированы 18 стоматоцист хризофитовых, из которых 2 определены до вида, у 16 цист определен номер морфотипа. Большинство стоматоцист впервые указываются для водоемов России. Для достоверной видовой идентификации стоматоцист особенно перспективно изучение полных жизненных циклов этих водорослей в культуре. Полученные данные могут служить дополнительным критерием оценки таксономического разнообразия золотистых водорослей в Финском заливе.

Chrysophyte stomatocysts (Chrysophyceae, Synurophyceae) from the Gulf of Finland

Shadrina S.N.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

Chrysophyceae is a widespread group of predominantly freshwater flagellates, extremely diverse in morphology. They constitute a significant part of the phytoplankton biomass mainly in the waters of medium and low productivity.

Golden algae belonging to two classes, Chrysophyceae and Synurophyceae, are characterized by their ability to form siliceous resting stages called stomatocysts. They are classified independently from free-living forms because of their importance and practical use in paleoecological studies, as well as in various assessments of biodiversity in situations, where free-living golden algae are not observed. Stomatocysts are species-specific, but only 10–15 % of them have been linked to a particular species of chrysophyte that produced them. Establishing such a link is difficult mainly due to the lack of free-living stage in nature, and the problem of its cultivation in laboratory. Since the species identification of cysts is difficult for most stomatocysts, the researchers can define only the particular morphotype they belong to.

In this work we identified 18 stomatocyst morphotypes in the samples from the Gulf of Finland, including two on the species level. For 16 cyst morpotypes only the morphotype number was defined. The majority of stomatocysts were found in Russian waterbodies for the first time. The descriptions of cysts are based on the electron-microscopic data and the information on the location, distribution and ecology. For a reliable species identification of stomatocysts, it is particularly promising to study the full life cycle of algae cultures. Our results provide new information on chrysophyte flora of the Gulf of Finland.

АНАТОМИЯ И МОРФОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Разнообразие морфологии цветка на примере представителей рода *Aspidistra* (*Asparagaceae*)

Вислобоков Н.А.
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия
n.vislobokov@gmail.com

Aspidistra - род травянистых растений из ЮВ Азии, объединяющий более 160 видов, многие из которых описаны в течение последних десятилетий. Род *Aspidistra* демонстрирует крайне высокое разнообразие морфологии и плана строения цветка, что представляет интерес для исследования.

Большинство видов имеют тримерные или тетрамерные пентациклические цветки. Число элементов околоцветника и тычинок в роде варьирует от 2 (*A. paucitepala*) до 12 (*A. grandiflora*) и может быть непостоянным в пределах одного вида. Типичные цветки *Aspidistra* состоят из 6-8 листочков околоцветника, 6-8 тычинок и 3-4 плодолистиков, что соответствует тримерным или тетрамерным пентациклическим цветкам соответственно. Однако у ряда видов отмечено наличие цветков с 5- и 7-членным оклоцветником и андроцеем. *Aspidistra paucitepala* имеет цветки с 3 листочками околоцветника и 3 тычинками, изредка встречаются цветки с 2-членным околоцветником и андроцеем. Наличие таких цветков крайне нехарактерно для однодольных с биотическим опылением из порядка Asparagales. Данный цветок можно интерпретировать как тримерный трициклический. В этом случае необходимо признать выпадение сразу двух кругов органов цветка (круг тычинок и круг листочков околоцветника), что подразумевает вариацию числа кругов в пределах рода *Aspidistra*. Исходя из данных фактов, можно предположить проявление некратного меризма в цветках растений рода *Aspidistra*. Таким образом, более предпочтительна интерпретация цветков *A. paucitpala* как результата некратного меризма. Так цветок с 3 листочками околоцветника и 3 тычинками представляется пентациклическим цветком с мерностью 1,5. Цветки с некратным числом элементов (7 или 5) были интерпретированы как пентациклические с некратной мерностью 3,5 и 2,5 соответственно. Аналогично цветок *A. paucitpala* с 2 листочками околоцветника и 2 тычинками следует признать мономерным пентациклическим, где в каждом круге расположено по одному органу (один листочек околоцветника или одна тычинка).

Изучение серий поперечных срезов цветков 8 видов *Aspidistra* показало, что васкулатура цветка у разных видов устроена по общему плану и четко отражает соответствующую мерность цветка. Каждая тычинка иннервируется одним проводящим пучком, каждый листочек околоцветника при основании иннервируется 3 проводящими пучками, которые выше могут ветвиться. Цветки *A. paucitepala* демонстрируют низкую мерность цветка, что находит отражение в особенностях васкулярной анатомии. Цветки *A. locii*, крайне нетипичного строения, имеют 12 тычинок и куполообразный околоцветник, не разделенный на листочки. О возможном числе листочков околоцветника *A. loci* можно судить лишь на основании числа проводящих пучков, так как никаких следов их свободных верхушек нет. Согласно результатам изучения васкулатуры, *A. locii* имеет исходно тетрамерный цветок. Увеличение числа элементов цветка в данном случае происходит в результате увеличения числа элементов на позициях внешнего круга околоцветника и андроцея соответственно.

В типичном пазушном цветке представителя семейства *Asparagaceae* (например, в соцветии *Convallaria majalis*) кроющий лист цветка всегда располагается на радиусе листочка околоцветника внешнего круга. При изучении цветков разных видов *Aspidistra* было установлено, что последний чешуевидный лист на цветоносе обычно распложен на радиусе листочка околоцветника внутреннего круга, кроме того его положение может варьировать. Также изучение анатомии цветоноса показало, что расположение пучков больше напоминает атактостелу стебля, нежели анатомию цветоножки пазушного цветка, где проводящие пучки обычно располагаются более упорядочено. Данные факты свидетельствуют об истинно терминальном положении цветка *Aspidistra* на цветоносе.

Цветки *Aspidistra* варьируют по размеру, морфологии андроцея, гинецея и околоцветника. Сочетание формы околоцветника и гинецея – наиболее важный паттерн морфологии цветка, определяющий его внешний вид и особенности его биологии. Наиболее типичен цветок с кувшинчатым или колокольчатым околоцветником и столовидным или грибовидным гинецеем - расширенное рыльце сидит на коротком цилиндрическом столбике и расположено выше уровня тычинок, что делает маловероятным самоопыление и в то же время ограничивает доступ потенциальных опылителей к пыльце, оставляя лишь узкий промежуток между рыльцем и околоцветником. Встречаются также цветки с трубчатым, воронкообразным или шарообразным околоцветником, гинецей может иметь цилиндрическую, обратноконическую или булавовидную форму, у отдельных видов рыльцевая поверхность расположена ниже уровня пыльников. Цветки некоторых видов *Aspidistra* опыляются двукрылыми насекомыми.

Работа выполнена в рамках Государственного задания МГУ имени М.В.Ломоносова (тема АААА-А16-116021660105-3).

Diversity of flower morphology in genus *Aspidistra* (*Asparagaceae*)

Vislobokov N.A.
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Aspidistra is a genus of herbaceous plants from SE Asia comprising more than 160 species, many of which were described during a few last decades. *Aspidistra* is interesting for research because it shows extremely high diversity of flower morphology and structure.

Most species possess trimerous or tetramerous pentacyclic flowers. The number of tepals and stamens varies within the genus from 2 (*A. paucitepala*) to 12 (*A. grandiflora*) and also can vary within some species. Typical flowers of *Aspidistra* consist of 6-8 tepals, 6-8 stamens and 3-4 carpels, which correspond to trimerous and tetramerous pentacyclic flowers, respectively. Flowers with 5-parted and 7-parted perianth and androecium also occur in some species. *Aspidistra paucitepala* has flowers with 3 tepals and 3 stamens but occasionally flowers with 2 tepals and 2 stamens occur within the species. Such flower structure is very uncommon for monocots with biotic pollination from order Asparagales. This typical flower may be interpreted as trimerous tricyclic. However, we would suggest loss of two floral whorls (one in the perianth and one in the androecium). This interpretation implies occurrence of variation in the number of floral whorls within the genus *Aspidistra*. The most appropriate interpretation of such flowers is probably as having non-integer merism of perianth and androecium. Flowers with 3 tepals and 3 stamens can be interpreted as pentacyclic 1.5-merous. Flowers with non-integer number of elements (7 or 5) were interpreted as pentacyclic with non-integer merism 3.5 and 2.5 respectively. Similarly, flowers of *A. paucitepala* with 2 tepals and 2 stamens should be interpreted as monomerous pentacyclic flowers, where each organ (tepal or stamen) belongs to a separate whorl.

Investigation of serial transversal section of flowers in 8 species of *Aspidistra* shows that vascular anatomy of flower manifests the same pattern in different *Aspidistra* species and clearly corresponds to flower merism. Each stamen is innervated by single vascular bundle and each tepal is innervated at the base by three bundles, which can branch. Floral vasculature of *A. paucitepala* has some features apparently related to the low number of floral organs. *Aspidistra locii* has very uncommon flowers with 12 stamens and a bowl-shaped perianth without any free lobes. The number of tepals in flower of *A. locii* can be identified only based on the data of vascular anatomy. It was proved that the flower of *A. locii* was originally tetramerous. Flower polymerism is the result of increasing the number of flower elements in outer whorl of perianth and androecium, respectively.

A typical axillary flower of *Asparagaceae* (e.g. flower of *Convallaria majalis*) has a bract, which is arranged at the same radius as the outer whorl tepal. In flowers of the investigated *Aspidistra* species, the higher scale at peduncle is usually arranged on the inner whorl tepal radious; moreover, the position of the scale can sometimes vary. The peduncle anatomy resembles that of the stem atactostele more than that of axillary pedicel, where vascular bundles are usually more ordered. These facts confirm the hypothesis that the flower in *Aspidistra* has a true terminal position.

Flowers of *Aspidistra* vary in size, as well as the morphology of androecium, gynoecium and perianth. The combination of perianth shape and pistil strtucture is one of the most important patterns in *Aspidistra* morphology, which determines habit and biology of a flower. A typical *Aspidistra* flower possesses an urceolate or campanulate perianth and a table-shaped or mushroom-shaped pistil. The wide stigma is located on a short cylindrical style above the anther level, limiting access of potential pollinators to the pollen, leaving only a narrow gap between the stigma and the perianth. Self-pollination is unlikely. There are flowers with tubular, funnel-shaped and globoid perianth within the genus. The pistil shape varies from obconic and clavate to cylindric. In some species, the stigma is located lower than the anthers. Flowers of some species are pollinated by dipteran insects.

The work was carried out in accordance with Government Order for the Lomonosov Moscow State University (project n. AAAA-A16-116021660105-3).

Кора: строение и история исследований

Котина Е.Л.[1], Степанова А.В.[2]
[1] University of Johannesburg, Johannesburg, South Africa;
[2] Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
elkotina@gmail.com

Кора – это комплекс тканей расположенный кнаружи от сосудистого камбия и выполняющий ряд важных биологических функций. Несмотря на то, что открытие клеток Робертом Гуком в 1665 году было сделано именно на препаратах коры (пробки), исследования этого комплекса тканей до сих пор сильно отстают от древесины. Слабая изученность коры связана с методическими и концептуальными трудностями, обусловленными изменениями её структуры в онтогенезе. Положение также осложняется запутанностью и нестабильностью терминологии, используемой разными авторами при её описании. Некоторыми исследователями были сделаны критические обзоры терминов, используемых для описания коры (Раскатов, 1965; Trockenbrodt, 1990; Lev-Yadun, 1991; Junikka, 1994). Однако первый список стандартизованной терминологии для описания анатомического строения коры был опубликован только в 2016 году в качестве специального выпуска журнала IAWA. В этом списке установлены определения для большинства терминов коры, рассмотрены 173 признака и их состояния. Некоторые признаки коры имеют большое значение для таксономии и филогении растений. Более того, поскольку кора является источником лекарственных соединений, специй, резины, камеди, смол, красителей, волокон и пробки, ее анатомические признаки важны при проведении биологических экспертиз и идентификации растительного материала.

Bark: structure and history of study

Kotina E.L.[1], Stepanova A.V.[2]
[1] Department of Botany and Plant Biotechnology, University of Johannesburg, Johannesburg, South Africa;
[2] Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

Bark is a complex of tissues on the outside of the vascular cambium, which fulfills vital functions in the living plant. Although the discovery of cells by Robert Hooke in 1665 was originally made on bark tissue (cork), the current knowledge of comparative bark anatomy strongly lags behind that of wood. Insufficient knowledge of bark is due to the methodological and conceptual difficulties caused by ontogenetic changes taking place in the tissue. The situation is further complicated by the ambiguousness and instability of the terminology used by different authors for its description. Some reviews of bark terminology were published by Raskatov, 1965; Trockenbrodt, 1990; Lev-Yadun, 1991; Junikka, 1994. However, the first list of standardized terminology for bark anatomy was published in 2016 only, in the form of a special issue of IAWA Journal. The list contains definitions for most of the terms related to bark, considering 173 bark characters and their states. Some barkcharacters are of considerable value for plant taxonomy and phylogeny. Moreover, bark is also the source of raw materials for medicinal compounds, spices, rubber, resins, gums, dyes, fibres and cork, while its anatomical characters can be important for expert biological examination and identification of plant matter.

Анатомическое строение надземных органов *Thymus eremita* Klok.

Ахметалимова А.М.[1], Ишмуратова М.Ю.[2], Ивасенко С.А.[1], Лосева И.В.[1]
[1] Карагандинский государственный медицинский университет, Караганда, Казахстан;
[2] Карагандинский государственный университет им. академика Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан;
kirra_777@mai.ru; margarita.ishmur@mail.ru; ivasenko@kgmu.kz; loseva@kgmu.kz

Надземные органы различных видов тимьянов на протяжении столетий используются в народной и официальной медицине. В Государственную фармакопею Казахстана включены *Thymus vulgaris* L. и *Th. serpyllum* L., однако, в природной флоре присутствуют и другие виды, которые могут выступать в качестве дополнительных источников лекарственого сырья. Так, на территории Карагандинской области отмечены сырьевые запасы таких видов тимьянов, как *Th. eremita* Klok., *Th. marschallianus* Willd., *Th. crebrifolius* Klok. Для введения видов в фармакопею обязательным условием является микроскопический анализ надземных органов.

Целью настоящей работы являлось анатомическое исследование надземных органов (листья и побеги) тимьяна пустынника (*Th. eremita*).

Клетки эпидермиса листа тимьяна пустынника с обеих сторон извилистой формы с утолщенными стенками и слоем кутикулы. Трихомы не выражены. Эфирно-масличные железки крупные, округлой формы, темноокрашенные, приподнимаются над поверхностью; состоят из 8 клеток, расположенных в 2 ряда. Численность железок – 1-2 штуки/мм^2. Устьица аномоцитного типа, расположены преимущественно на нижней стороне листа.

Стебель по периферии покрыт однослойным эпидермисом, под которым залегает 2-4 слоя хлоренхимы. Коровая зона отделена от проводящей части – однослойной эндодермой. Проводящая система не пучкового, кольцевого типа.

В ходе исследования было установлено, что исследуемый вид тимьяна обладает ксеромезофитным и ксерофитным типом строения, которое выражается в мелкоклеточной эпидерме листа, присутствии многочисленных железок округлой или овальной формы.

Anatomical structure of aerial organs of *Thymus eremita* Klok.

Akhmetalimova A.M.[1], Ishmuratova M.Yu.[2], Ivasenko S.A.[1], Loseva I.V.[1]
[1] Karaganda State Medical University, Karaganda, Kazakhstan;
[2] Karaganda State University named after academician Ye.A.Buketov, Karaganda, Kazakhstan

The aerial organs of various thyme species have been used for centuries in traditional and official medicine. The State Pharmacopoeia of Kazakhstan includes *Thymus vulgaris* L. and *Th. serpyllum* L., whereas in the natural flora there are other species that can be used as additional herb source. Thus, in the territory of Karaganda region, the raw material resources of such thyme species were registered as *Th. eremita* Klok., *Th. marschallianus* Willd., *Th. crebrifolius* Klok. For including these species into the Pharmacopeia, an indispensable condition is microscopic analysis of their aerial bodies.

The aim of the present work was to study the anatomical aerial vegetative organs (leaves and shoots) of thyme hermit (*Th. eremita*).

The epidermis of thyme leaves on both sides consists of sinuous cells with thickened walls and a layer of cuticle. Trichomes are not expressed. Essential oil glands are large, rounded, dark-colored, and lifted above the surface; consisting of 8 cells arranged in 2 rows. The number of glands is 1-2 pieces/mm^2. Stomata are of anomocytous type, located predominantly on the underside of the leaf.

The stem on the periphery is covered with one-layered epidermis, under which lie 2-4 layers of chloerenchyma. The core zone is separated from the conductive part by single-layered endoderm. The conducting system is ring type, rather than beam type.

During the research it has been established that the studied thyme species possesses xeromesophytic and xerophytic type of a structure, which is expressed in small-celled leaf epidermis, as well as the presence numerous of large ethereal-oily glands of round or oval shape.

Сравнительно-анатомическое изучение цветоносов *Hyacinthella atropatana*, некоторых видов рода *Scilla*, *Puschkinia scilloides* и *Chionodoxa luciliae*

Ачоян А.Л.
Институт ботаники имени А.Л. Тахтаджяна Национальной академии наук Республики Армения, Ереван, Армения
arpineachoyan@mail.ru

Hyacinthella atropatana (Grossh.) Mordak & Zakhar. описан А.А. Гроссгеймом из Нахичеванской АССР как *Scilla atropatana* Grossh. В дальнейшем на основании кариологических данных (Persson, Wedelbo, 1981, 1982) и изучения строения луковицы (Мордак и др., 1989) данный вид был включен в род *Hyacinthella* Schur. Однако по ряду морфологических признаков и структуре семени (Оганезова, 2008) он ближе к видам рода *Scilla*. В связи с этим решено провести сравнение строения цветоносов этого вида и видов *Scilla, Puschkinia* и *Chionodoxa*.

Изучение цветоносов выявило, что виды отличаются друг от друга формой поперечного среза. У *S. siberica* Haw., *S. caucasica* Miscz., *S. armena* Grossh., *S. monanthos* K. Koch, *S. winogradowii* D. Sosn. срез цветоносов имеет плосковыпуклую форму, с латеральными выростами. У *H. atropatana, P. scilloides* Adam, *Ch. luciliae* Boiss. форма округлая.

У всех видов субэпидермально расположена хлорофилл-содержащая паренхима, число слоев которой у разных видов различно, за этой паренхимой следует бесцветная паренхима.

Под этими слоями в цветоносе *H. atropatana* обнаружено наличие механического влагалища из 3 слоев клеток, которое окружает проводящие пучки. Среди остальных изученных видов наличием ткани, окружающей проводящие пучки, выделяется только *P. scilloides*, это несколько слоев хлорофилл-содержащей паренхимы. У всех изученных видов проводящие пучки располагаются в два круга и они многочисленны (6-8), тогда как у *H. atropatana* пучков 3, из которых 2 более крупные, 1 - меньшего размера, располагаются в один круг.

Таким образом, *H. atropatana* отличается особенностями строения цветоноса от видов р. *Scilla*, близких к типовому виду *S. siberica*, а также от *P. scilloides* и *Ch. luciliae*.

Comparative anatomical study of scapes of *Hyacinthella atropatana*, some *Scilla* species, *Puschkinia scilloides* and *Chionodoxa luciliae*

Achoyan A.L.
Institute of Botany after A.L. Takhtajyan of the National Academy of Sciences of the Republic of Armenia, Yerevan, Armenia

Hyacinthella atropatana (Grossh.) Mordak & Zakhar. was described by A.A. Grossgeim from Nahichevan ASSR as *Scilla atropatana* Grossh. Further, based on caryological data (Persson, Wedelbo, 1981, 1982) and studying the bulb structure (Mordak e.a., 1989), it has been included in the genus *Hyacinthella* Schur. However, according to several morphological features and the seed structure (Oganezova, 2008), it is closer to *Scilla* L. genus. In this connection, it was decided to make a comparison of scape structure of this species and some species of *Scilla*, *Puschkinia* and *Chionodoxa*.

Scape investigation revealed that the species differ from each other in the shape of their cross-sections. For species *S. siberica* Haw., *S. caucasica* Miscz., *S. armena* Grossh., *S. monanthos* K. Koch, *S. winogradowii* D. Sosn., the scape cross-section has a flat convex shape with lateral outgrowths. For *H. atropatana*, *P. scilloides* Adam, *Ch. luciliae* Boiss. it is oval.

For all species chlorophyll-containing parenchyma is positioned subepidermally. The number of layers for different species is different. This parenchema is followed by a colorless parenchyma.

H. atropatana scape reveals a mechanical vagina made up of 3 layers of cells, which surrounds the vascular bundles. Among other studied species only, in *P. scilloides* several layers of chlorophyll-containing parenchyma were observed, which surrounded the vascular bundles. Other species have no such structure.

For all the studied species, vascular bundles are arranged in 2 rings, and they are numerous (6-8), whereas at *H. atropatana* they are arranged in a single ring Out of the 3 bundles, 2 are large, while the third is of a smaller size.

Thus *H. atropatana* differs in its scape structure from the species of genera *Scilla* that are close to a typical *S. siberic*, as well as from *P. scilloides* and *Ch. luciliae.*

Анатомические особенности стеблей *Gypsophila paniculata* L. в связи с формированием жизненной формы перекати-поле

Брикнер М.Ю.
Волгоградский государственный университет, Волгоград, Россия
masha_brikner94@mail.ru

Настоящая работа посвящена изучению анатомических особенностей стеблей качима метельчатого (*Gypsophila paniculata* L., *Caryophyllaceae* Juss.) - травянистого многолетника из группы перекати-поле.

Материал собран в 2014 - 2017 гг. на остепнённых участках Урюпинского и Среднеахтубинского районов Волгоградской области. Исследована анатомическая структура однолетних осей 1 порядка в зоне отделения и осей соцветия, сохраняющих прочность при перемещении перекати-поля.

До созревания семян стебель *G. paniculata* прочный и упругий. На участке стебля от уровня почвы до

соцветия происходит постепенное уменьшение толщины ксилемы, что соответствует общим архитектурным принципам строения надземных осей растений. Стебель *G. paniculata* обладает свойствами балки равного сопротивления, при этом упругие деформации под ударами ветра приводят к изгибу, но не к излому.

К концу периода созревания в узлах вегетативной части оси 1 порядка наблюдаются многочисленные межклетники. Ткани стебля отмирают, высыхают, теряя упругость, и частично разрушаются. В нижней части оси 1 порядка происходит разрыв флоэмы. Стебель разделяется на 2 вставленных друг в друга цилиндра: внешний состоит из эпидермы, первичной коры и перицикла, внутренний - из остатков флоэмы, ксилемы и сердцевины. В осях соцветий разделения нет: эти оси более прочные за счёт мощного одревеснения перицикла и наличия одревеснеших перемычек между перициклом и ксилемой.

Потеря упругости и неравномерное ослабление прочности приводит к разрывам в опасных сечениях при ветровой нагрузке. Внешний цилиндр будет разрываться по узлам за счёт наличия листовых прорывов в перицикле и многочисленных межклетников. Внутренний цилиндр может обломиться в любом месте за счёт общего ослабления из-за усыхания и разрушения сердцевины и сердцевинных лучей.

Anatomical features of stems of *Gypsophila paniculata* L. in connection with formation of a life form a tumbleweed

Brikner M.Yu.
Volgograd State University, Volgograd, Russia

The present work is devoted to the study of anatomical features of the stem of *Gypsophila paniculata* L., (*Caryophyllaceae* Juss.) - a grassy perennial from the tumbleweed group.

The material was collected in 2014 - 2017 in the steppe areas of the Uryupinsky and Sredneakhtubinsky districts of the Volgograd region. The anatomical structure was investigated of the first order annual axes in the zone of separation and the inflorescence axes that preserve their strength during the rolling-field movement.

Before seed maturation, the stem of *G. paniculata* is durable and elastic. On the stalk, from the soil level to the inflorescence, the xylem thickness gradually decreases, which is in accordance with the general architectural principles of the aerial plant axes structure. The stem of *G. paniculata* has the properties of an equal resistance beam, with elastic deformations under wind blows causing bending, but not to kinking.

At the end of the maturation period, numerous intercellular spaces are observed at the nodes of the vegetative part of the 1st order axis. Stalk tissues die, dry up, lose elasticity, and partially collapse. In the lower part of order 1 axis, the phloem breaks up. The stem is divided into 2 cylinders inserted into each other: the outer cylinder consists of the epidermis, the primary cortex and the pericycle, while the inner cylinder consists of the phloem remains, xylem and core. In the inflorescence axes, there is no division: these axes are more durable due to the powerful lignification of the pericycle and the presence of lignified bridges between the pericycle and xylem.

Loss of elasticity and uneven weakening of strength leads to tearing in most vulnerable sections due to the wind load. The outer cylinder will be torn along the nodes due to the presence of leaf breaks in the pericycle and numerous intercellular spaces. The inner cylinder can break in any place due to the general weakening resulting from the drying up and destruction of the core and the core rays.

Сравнительная характеристика коры однолетних стеблей *Spiraea beauverdiana* Schneid в условиях современной вулканической активности

Вацерионова Е.О., Копанина А.В., Власова И.И.
Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия
katya.vatserionova.85@mail.ru

Целью наших исследований является изучение особенностей структуры коры однолетнего стебля *Spiraea beauverdiana* Schneid в экстремальных условиях зон активного вулканизма Курильских островов и полуострова Камчатка. Для анатомического анализа были отобраны образцы однолетних стеблей на северо-восточном сольфатарном поле вулкана Менделеева, на центральном сольфатарном поле в кальдере вулкана Головнина на о. Кунашир и на побережье р. Теплая в кальдере вулкана Ксудач на полуострове Камчатка. Жизненная форма *S. beauverdiana*: на сольфатарных полях – кустарничек, в кальдере Ксудач – низкорослый кустарник. Вулканические сольфатарные поля характеризуются повышенными температурами субстрата, его глубоким термохимическим преобразованием, высокими концентрациями солей тяжелых металлов, насыщенностью приземного слоя серосодержащими газами. Образцы фиксировали в день сбора в смеси этилового спирта и глицерина. Микросрезы стеблей толщиной 10–25 мкм выполняли на санном микротоме, окрашивали сафранином и нильским синим и анализировали с помощью светового микроскопа. Аналитическое исследование тканей коры выполнялось методами световой микроскопии.

Статистический анализ показателей коры в исследуемых местообитаниях позволил установить, что основные параметры *S. beauverdiana* имеют близкие значения. В стеблях с *S. beauverdiana* с сольфатарного поля кальдеры Головнина выявлены структурные неспецифические аномалии тканей коры. Структурно аномальные зоны локализованы в однолетнем стебле небольшими участками. На поперечном срезе по окружности стебля расположены 1–4 зон. Аномальные зоны имеют округлоовальную форму. Феллема в этих зонах многослойная (6–11 слоев), а в тканях вне локусов с аномалиями она состоит из 2 слоев клеток. При этом размер клеток в

аномальной феллеме уменьшается (радиальный диаметр – 4.5 мкм, а в участке типичного строения – 10 мкм). Феллодерма также имеет отклонения от нормального строения. Число слоев достигает от 3 до 7, при норме – 1-2 слоя. Возможно, выявленные структуры имеют адаптивное значение для исследуемого вида.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 15-04-04774) и в рамках государственного задания ИМГиГ ДВО РАН.

Comparative characteristics of the bark of annual stems of *Spiraea beauverdiana* Schneid under current volcanic activity conditions

Vatserionova E.O., Kopanina A.V., Vlasova I.I.
Institute of Marine Geology and Geophysics of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

The purpose of our research is to study the special features of bark structure of *Spiraea beauverdiana* Schneid annual stem in the extreme conditions of active volcanic zones of the Kuril Islands and Kamchatka Peninsula. For the purposes of anatomical analysis, samples of annual stems were selected in the northeastern solfataric field of the Mendeleyev volcano, in the central solfataric field in the Golovnin volcano caldera on the Kunashir Island and on the Warm river bank in the Ksudach volcano culdera on the Kamchatka peninsula. The life forms of *S. beauverdiana* included shrubs on solfataric fields and short shrubs in Ksudach caldera. Volcanic solfataric fields are characterized by elevated substrate temperatures, deep thermochemical transformation, high concentrations of heavy metal sals, as well as saturation of the surface layer with sulfur-containing gases. The samples were fixed in a mixture of ethyl alcohol and glycerin on the day of collection. Microslides of stems with the thickness of 10-25 microns were performed with a sliding microtome stained with safranin and Nile blue dye, and analyzed with a light microscope. An analytical study of the bark tissues was performed by light microscopy.

Statistical analysis of cortical parameters in the studied habitats made it possible to establish that the basic parameters of *S. beauverdiana* have similar values. The structural nonspecific abnormalities of the bark tissues were revealed in the stems of *S. beauverdiana* from the solfataric field of the Golovnin caldera. The structurally abnormal zones were localized in the annual stems in small patches. There were 1-4 zones on the transverse section along the circumference of the stem. The abnormal zones were roundly oval in shape. Phellema in these zones was multilayered (6-11 layers), while in tissues outside the anomalous loci it consisted of 2 layers of cells. The cell size in the abnormal phellema was observed to decrease (the radially diameter is 4.5 μm, and in the typical structure 10 μm). The phelloderm also deviated from the normal structure. The number of cell layers reached from 3 to 7, with the norm of 1-2 layers. For the species under study, the identified structures may fulfill the adaptive function.

This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research (Grant No. 15-04-04774) and within the state assignment of the IMGG Far East Division, Russian Academy of Sciences.

Возрастная характеристика популяции и семенная продуктивность хохлатки плотной (*Corydalis solida* (L.) Clairv., *Papaveraceae*) в Волгоградской области

Гордеева А.А., Зубов И.А.
Средняя школа №3 г. Калача-на-Дону, Волгоградская область, Россия
ekodon@list.ru

Популяция хохлатки плотной, или Галлера (*Corydalis solida* (L.) Clairv.), общей площадью около 4 га, расположенная в дубняке на западе ООПТ «Ирисовый» Калачевского района Волгоградской области была выбрана в качестве объекта исследования.

Целью работы стало проведение исследование возрастной структуры и продуктивности популяции хохлатки плотной. Для этого были поставлены следующие задачи:

- выбрать модельный участок, оценить климатические условия произрастания популяции;
- провести морфометрические измерения цветущих и подсчет не цветущих растений на модельном участке;
- определить соотношения особей разного возрастного состояния.

Нами была использована методика Хржановский В.Г. и Пономаренко С.Ф. из практикума по курсу общей ботаники в части проведения морфометрических измерений.

Для проведения морфометрических измерений была заложена модельная площадка размером 1 м х 1 м. Всего с модельного взят 71 экземпляр хохлатки, из которых 36 были цветущими, а 35 являлись проростками разного возраста, что в процентном выражении составило соотношение 49% на 51%. Высокий показатель соотношения нецветущих и цветущих растений свидетельствует о динамически развивающейся популяции. В конце вегетации хохлатки было собрано с той же ценопопуляции 36 экземпляров растений и подсчитана средняя продуктивность семян на одно растение. Мы получили результат от 10 до 60 семян с одного растения, средняя продуктивность составила 25 семян. Полученные результаты измерений соответствуют литературным источникам. Имеющиеся расхождения можно объяснить погрешностями измерений, а также особенностью распространения хохлатки, привязанной в условиях Волгоградской области к байрачным дубовым лесам.

Age structure of population and seed productivity of *Corydalis solida* (L.) Clairv. (*Papaveraceae*) in the Volgograd region

Gordeeva A.A., Zubov I.A.
Secondary school №3 of the Kalach-on-Don city, Volgograd region, Russia

The *Corydalis solida* (L.) Clairv. Population with the total area for about 4 hectares and located in the PA "Irisovy" of Kalachevsky district of the Volgograd region was chosen as the research object.

The purpose of the study was to investigate age structure of population and seed productivity of *Corydalis solida*. We had to solve the following tasks:

- select the model area and assess the climatic conditions of the growing population;
- carry out morphometric measurements of flowering and to count non-flowering plants in the project area;
- determine the age relations between individual plants.

For morphological measurements, we used the methodology by Hrzhanovsky V. G. and Ponomarenko S. F. from General Botany practical course.

To make morphometric measurements, we set up 1 m x 1 m model area. From the model area we collected 71 examples of *Corydalis solida*, 36 of which were blooming, and 35 were seedlings of different ages, with the ratio between them being 49% to 51%. This figure is very high and is the evidence of a dynamically evolving population. At the end of the growing season of *Corydalis solida*, we collected 36 plant specimen from the same coenopopulation. The average productivity of seeds per plant was estimated. The results were10 to 60 seeds per plant. The average productivity was 25 seeds. The measurement results obtained closely correspond to those reported in literatures. The minor differences observed can be explained by the probability of measurement errors, as well as the details of *Corydalis solida* distribution, which is in the Volgograd region associated with ravine oak forests.

Фертильность и строение пыльцы некоторых фиалок

Горнов Д.А.[1], Гаврилова О.А.[2], Брицкий Д.А.[2]
[1]Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;
[1]Гамбургский университет, Гамбург, Германия;
[2]Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
gornovdaniil@gmail.com

Для пыльцевых зерен некоторых высших растений характерна значительная вариабельность количества апертур. Как отмечалось многими авторами, эта особенность может свидетельствовать о гибридном происхождении образца. С целью изучения вариабельности по признакам количества апертур и оценки фертильности образцов была исследована пыльца гибридов и видов фиалок, произрастающих на территории России. Для рода *Viola* характерна сильная степень гибридизации внутри отдельных подродов и рода в целом, поэтому он представляет собой удобный объект для сравнительного анализа характеристик пыльцы гибридов и их родительских форм. В 2016 и 2017 гг была изучена фертильность 30 образцов фиалок главным образом из коллекции живых растений Ботанического сада БИН РАН, фертильность пыльцы оценивали по окрашиванию зерен ацетокармином. У фиалок, несмотря на значительную вариабельность морфологических признаков пыльцы, в первую очередь количества апертур и формы пыльцевого зерна, удалось выделить основные морфологические типы пыльцевых зёрен для разных подродов. Для подрода *Melanium* это (3)-4-5-(6) бороздно-оровые эллипсоидно-многоугольные пыльцевые зёрна, а для подрода *Viola* это (2)-3-(4)-бороздно-оровые пыльцевые зерна эллипсоидно-сфероидальной формы. Пыльца образцов, в том числе гибридных, из подрода *Viola* оказалась высокофертильной (70-100%) с небольшим количеством отклоняющихся зерен, за исключением гибридных таксонов с аномальной, утолщенной, часто бородавчатой экзиной и с 4-37% окрашенных зерен. Фертильность пыльцы у представителей подрода *Melanium* в основном ниже и составляет 40-97%, зерна в большинстве своем 4-бороздно-оровые. Самый низкий процент фертильности (40-52%) и максимальное число разноапертурных пыльцевых зерен обнаружено у гибрида *Viola cornuta*. Отклоняющиеся по числу апертур пыльцевые зерна могут быть как окрашенными, так и неокрашенными.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 15-04-06386).

Fertility and structure of some violet pollens.

Gornov D.A.[1], Gavrilova O.A.[2], Britski D.A.[2]
[1] St. Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia;
[1]Hamburg University, Hamburg, Germany;
[2]Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

There is a significant variability in the number of apertures for pollen grains of some *Embryophyta* taxa. As noted by many authors, this feature may indicate the hybrid origin of the specimen. In our paper, we have investigated pollen heteromorphism and fertility of hybrids and species of violets which grow on the territory of Russia. The genus *Viola* is characterized by hybridization within some subgenera and the genus as a whole, so it is a convenient object for a comparative analysis of hybrid pollens and their parental species. The fertility of 30 violet samples, mainly from the

collection of living plants of BIN RAS Botanical Garden, was studied in 2016 and 2017. Pollen fertility was evaluated by staining the grains with acetocarmine. The subgenera differ in their pollen morphological type*:* (3)-4-5-(6) colporate ellipsoidal-polygonal pollen grains have been found in subgenus *Melanium* and (2)-3-(4) colporate ellipsoidal-spheroidal pollen grains have been observed in subgenus *Viola.* Pollen samples of the subgenus *Viola*, including hybrid specimen, have a high range of the fertility (70-100%). The number of deviating grains is small, except for some hybrid taxa with abnormal, thickened and verrucate pollen with 4-37% of stained grains. Pollen fertility among the representatives of the subgenus *Melanium* was 40-97%; the grains were mostly 4-colporate. The lowest percentage of fertility (40-52%) and the maximum number of pollen grains deviating in their aperture type were found in a *Viola cornuta* hybrid. Pollen grains with deviating aperture number can be both stained and non-stained.

The work was done with the financial support of RFFR (grant No. 15-04-06386).

Структурно-функциональные особенности устьичного аппарата листьев *Plantago maritima* L., произрастающих на литорали Белого моря

Гуляева Е.Н.
Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Россия
gln7408@gmail.com

Литоральная зона – азональный природный комплекс, характеризующийся нестабильными условиями среды. Ведущим процессом, определяющим нестабильность экологических условий на данной территории, является цикличность приливов, которые приводят к частичному или полному погружению растений дважды в сутки. *Plantago maritima* L. (*Plantoginaceae*) встречается повсеместно на побережье Белого моря, произрастает как в условиях литорали так и супралиторали. Вместе с тем, механизмы, обеспечивающие способность вида выдерживать периодическое затопление во многом остаются невыясненными. Целью данного исследования являлось изучение структурно-функциональных особенностей листьев *P. maritima* L. в условиях литорали.

Морфологические и анатомические показатели листьев *P. maritima* показали изменения при произрастании на литорали и супралиторали. Листья *P. maritima* растущего в зоне заливания были более тонкие и мелкие по сравнению с листьями *P. maritima* произрастающего на супралиторали и в отличие от них содержали более крупную водозапасающую паренхиму. Кроме того, листья различались по толщине кутикулы, толщине эпидермы, количеству и размерам устьиц, показателям устьичной проводимости и флуоресценции. Степень открытия устьичной щели коррелировала со значениями устьичной проводимости по SC-1 Leaf Porometer (Decagon Devices, США).

Изучение динамики устьтичной проводимости показало, что максимальные значения отмечались у растений, которые длительное время находились на отливе. По мере заливания устьичная проводимость снижалась и во время максимального прилива достигали минимального значения. Устьичная щель все стадии приливно-отливного цикла днем была открыта и только в ночные часы устьица несколько часов были закрыты. Также отмечались различия в показателях флуоресценции на разных стадиях приливно-отливного цикла. Полученные результаты могут свидетельствовать о работе двух различных механизмов, контролирующих открытие устьиц, один из которых связан с условиями работы устьиц в воздушной среде, а второй - в водной.

Structural and functional features of stomatal apparatus of *Plantago maritima* L. leaves on the White Sea coast

Gulyaeva E.N.
Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia

The littoral zone is an azonal natural complex with unstable environmental conditions. The tide is the main process that determines the instability of environmental conditions here. As a result, plants are partially or completely flooded twice a day. *Plantago maritima* L. (*Plantoginaceae*) grows on the littoral and supralittoral of the White Sea. Meanwhile, the mechanisms allowing the species to grow in the zone of periodic flooding have not been identified. In the present study, the objective was to investigate leaf characteristics of *P. maritima* L. under the conditions of complete submergence.

Leaf morphological and anatomical features of *P. maritima* showed strong plasticity in response to flooding. The leaves of *P. maritima* growing on the littoral were more elongated and thin in comparison with leaves in the supralittoral zone and contained thicker water-storage tissue. Furthermore, the leaves differed in cuticle thickness, epidermal thickness, stomata number and size, as well as stomatal conductance and fluorescence. The width of stomatal pores was correlated with stomatal conductance measured by SC-1 Leaf Porometer (Decagon Devices, USA).

The study of stomatal conductivity dynamics showed maximum values in plants that were in the low tide for a long time. During flooding, stomatal conductance decreased and reached the minimum value at maximum tide. During the day the stomatal pores were opened at all stages of the tidal cycle but were closed for several hours at night. There were also differences in fluorescence indices at various stages of the tidal cycle. Our data may indicate the existence of two different mechanisms controlling stomata operation, one active in the water and the second, in the air.

Поливариантность развития особей *Scutellaria mongolica* K. Sobol. (*Lamiaceae*)

Гусева А.А.
Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск, Россия
guseva.sc@list.ru

Scutellaria mongolica - эндемик Алтае-Саянской горной области. Исследовано два местообитания вида в Кемеровской области. Подробное описание онтоморфогенеза и жизненной форма дано на основе анализа около 350 особей. В условиях закустаренных луговых степей и остепненных лугов у вида формируется неявнополицентрическая полукустарничковая жизненная форма с ксилоризомами. Особи этой жизненной формы во взрослом состоянии образуют рыхлый куст с тремя типами побегов формирования (ПФ): ПФ I – генеративный моноциклический удлиненный ортотропный побег с укороченной базальной частью, ПФ II – генеративный моноциклический удлиненный анизотропный и ПФ III – моноциклический генеративный с длинным геофильным участком. На базе ПФ формируются три варианта ксилоризом, отличающиеся по времени возникновения, происхождению и типу ПФ. В молодом генеративном состоянии развиваются два варианта эпигеогенных ксилоризом: ксилоризом I состоит только из базальных укороченных частей ПФ I типа, а ксилоризом II из плагиотропного участка ПФ II типа и базальных частей ПФ I типа. В средневозрастном генеративном состоянии развиваются гипо-эпигеогенные ксилоризомы III, состоящие из геофильной части ПФ III типа и базальных частей ПФ I типа.

В разных местообитаниях наблюдается поливариантность развития зрелых особей, которая проявляется в интенсивности ветвления и длине гипо-эпигеогенные ксилоризомов III. На плакоре ветвление ксилоризомов происходит на третий год, они сильно утолщены и их длительность жизни достигает 16 лет. Диаметр кустов не превышает более 30 см. На крутых склонах ветвление ксилоризомов начинается в первый год их возникновения. За счет увеличения длины и сильного разветвления ксилоризомов, диаметр кустов может достигать 70 см. В отличие от плакорных местообитаний, на склонах ксилоризомы слабо утолщаются и их длительность жизни меньше (4 до 8 лет).

Такое различие в формировании ксилоризом у особей является одним из механизмов, способствующих нормальному существованию вида в разных эколого-фитоценотических условиях.

The polyvariety of individuals development of *Scutellaria mongolica* K. Sobol. (*Lamiaceae*)

Guseva A.A.
Central Siberian Botanical Garden of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

Scutellaria mongolica is an endemic of the Altae-Sayan mountain region. Two habitats of the species in the Kemerovo region were investigated. A detailed description of ontomorphogenesis and the life form is given based on the analysis of about 350 individual plants. In the conditions of meadow steppes with shrubs and steppe meadows, the species takes the life form of an implicitly polycentric dwarf subshrub with xylorhizoms. In adult ontogenetic state, this life form is represented by a loose bush with three types of shoot formation (SF): SF I – generative monocyclic elongated orthotropic shoot with a shortened basal part, SF II – generative monocyclic elongated anisotropic shoot and SF III – monocyclic generative with a long geophilous section. Three variants of xylorhizoms are formed on the basis of SF. Xylorizoms differ in their time of occurrence, genesis and the SF type. Two variants of epigeogenic xylorhizoms develop in the young generative state: xylorhizom I consists of only basal shortened parts of the SF I type, and xylorhizom II consists of a plagiotropic region of the SF II type and basal shortened parts of the SF I type. Hypo-epigeogenic xylorhizoms III consisting of a geophilous part of the SF III type and basal parts of the SF I type develop in the mature generative state.

In different habitats, the development of mature individuals is polyvariant, which is manifested in the intensity of branching and the length of hypo-epigeogenic xylorhizoms III. On the placer, xylorhizom branching occurs in the third year, when they are strongly thickened and their life expectancy reaches 16 years. The diameter of the bushes does not exceed 30 cm. On steep slopes the xylorhizom branching begins in their first year of life. Due to the increase in their length and strong branching, the diameter of the bushes can reach 70 cm. Unlike placer habitats, on the slopes xylorhizoms thicken only slightly and their life expectancy is shorter (4 to 8 years).

Such a difference in the formation of xylorhizoms in individuals is one of the mechanisms that contributes to the normal existence of the species in different ecological and phytocenotic conditions.

Особенности строения железистых трихом *Inula helenium* (Asteraceae)

Запорожец Н.Л., Муравник Л.Е.
Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия
blackflash8@protonmail.com

Медицинские свойства растений рода *Inula* известны на протяжении столетий. Широко распространено фармакологическое использование девясила для лечения респираторных, воспалительных, пищеварительных, дерматологических и онкологических заболеваний. Современные исследования *Inula* сосредоточены на изучении выделяемых ими сесквитерпеновых лактонов, в особенности на их цитотоксических и противовоспалительных свойствах, тогда как морфологические работы осуществляются редко. Железистые трихомы *Inula* являются

удобной модельной системой для изучения механизмов синтеза и секреции лекарственных веществ.

На побеге *I. helenium* L. образуется два типа железистых трихом. Они характеризуются сходным морфологическим строением и представляют собой двурядные структуры без четко выраженной головки, состоящие из 5-7 слоев клеток. Разница между типами трихом определяется формой терминальных клеток: у трихом 1-го типа они округлые, у 2-го типа – удлиненные. При этом в трихомах 1-го типа обе терминальные клетки содержат мелкие вакуоли, в отличие от ниже лежащих клеток, а в трихомах 2-го типа все клетки вакуализированы в равной степени.

В составе секрета железистых трихом гистохимическими методами удалось обнаружить сесквитерпеновые лактоны и фенольные соединения. Присутствие веществ липидной природы подтверждает ультраструктурная характеристика клеток трихом, в которых преобладает агранулярный эндоплазматический ретикулум, лейкопласты разнообразной формы и осмиофильные глобулы в периплазме. Механизм выведения продуктов секреции представляет собой накопление секрета в субкутикулярной полости, после чего происходит ее разрыв и выброс выделяемых продуктов наружу. Трихомы 1-го типа располагаются на поверхности листовой пластинки, а трихомы 2-го типа обнаружены на листе, на листочках обертки, а также на трубчатых цветках.

Features of the glandular trichome structure of *Inula helenium* (Asteraceae)

Zaporozhets N.L., Muravnik L.E.
The Herzen State Pedagogical University of Russia, Saint Petersburg, Russia

The healing properties of *Inula* plants have been known for the centuries. The pharmacological use of *Inula* is widespread in treating respiratory, inflammatory, digestive, dermatological and oncological diseases. Recent studies of *Inula* plants have been focused on the study of releasing sesquiterpene lactones, especially on their cytotoxic and anti-inflammatory properties, but morphological works have been rare. The glandular trichomes of *Inula* are a convenient model system to study the mechanisms of synthesis and secretion of the medical substances.

On a shoot of *I. helenium* L., two types of glandular trichomes are formed. They are characterized by similar morphology and are two-row structures without clearly expressed head, consisting of five to seven cell layers. The difference between two types of trichomes is determined by the shape of the terminal cells: they are rounded in trichomes of the 1st type, and elongated in 2nd type trichomes. Moreover, in the trichomes of the 1st type both terminal cells contain small vacuoles, which makes them different from the lower lying cells, whereas in the 2nd type trichomes, all cells are vacuolated equally.

In the secretion of glandular trichomes, the presence of sesquiterpene lactones and phenolic compounds was detected by the histochemical methods. The ultrastructural characteristics of the glandular trichome cells, including the prevailing smooth endoplasmic reticulum, leucoplasts of various forms and osmiophil globules in the periplasm, confirms the presence of the lipid substances. The secretory mechanism involves initial accumulation of secretion in the subcuticular cavity, with the following rupture of the cavity accompanied by the outward release of the secreted products. Trichomes of the 1st type are located on the leaf surface, while trichomes of the 2nd type are found on the leaf, on the phyllary, and also on the disk florets.

Оценка вариативности полиморфических изменений лепестков венчика ириса низкого (*Iris pumila* L., *Iridaceae*)

Ионова В.П., Зубов И.А.
Средняя школа №3 г. Калача-на-Дону, Волгоградская область, Россия
ekodon@list.ru

Объект исследования - популяция *Iris pumila* L. на территории ООПТ «Ирисовый» Калачевского района Волгоградской области близ города Калач-на-Дону. Многообразие форм и окраски венчика подвигли подробнее изучить возможную вариативность изменений внешних признаков лепестков в пределах нормы реакции как приспособления к опылению растения, а, соответственно, и экологической устойчивости при возможных изменениях внешних факторов среды.

Цель работы: оценить полиморфизм лепестков венчика *I. pumila*.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

• проанализировать по литературным данным природно-климатические условия территории произрастания ириса низкого, его биологию и полиморфизм;

• провести полевые исследования, сбор материалов - отбор лепестков, отличающихся от других каким-либо одним из четырех признаков, выявить отличия лепестков друг от друга;

• просчитать возможную вариативность изменений и на основе этих данных сделать вывод об экологической устойчивости популяции.

Нами была использована методика Хржановский В.Г. и Пономаренко С.Ф. из практикума по курсу общей ботаники в части проведения морфометрических измерений, а также методика С.И. Седелева для математических расчетов вариативных рядов, в данном случае использован метод комбинаторной интерпретации.

В результате обследования 322 полностью распустившихся цветков было отобрано 28 отличающихся друг от друга образцов по 4 взятым признакам: длина, ширина, окраска и форма кончика лепестка. Путем

комбинаторной интерпретации удалось посчитать возможную вариативность нижних лепестков *I. pumila* - полученное число равно 210. В результате полученной комбинаторной интерпретации можно сделать вывод о высокой экологической устойчивости популяции, т.к. данные признаки способны коррелировать в условиях меняющейся среды.

The assessment of variability of polymorphic changes of corolla petals of *Iris pumila* L. (*Iridaceae*)

Ionova V.P., Zubov I.A.
Secondary school №3 of the Kalach-on-Don city, Volgograd region, Russia

The population of *Iris pumila* growing on the territory of the Special Protected Natural Areas "Irisovyj" of Kalachevsky district of the Volgograd region near the city of Kalach-on-Don was chosen as the object of this study.

The main aim of the work was to estimate the polymorphism of corolla petals of *I. pumila*. To achieve this aim it was necessary to fulfill the following tasks:

- analyze the natural climatic conditions of the *I. pumila* habitat, its biology and polymorphism;
- organize field research and collecting the material; reveal the differences of the petals from each other;
- count the possible variability and, based on this data, make a conclusion concerning the ecological sustainability of the population.

We used the technique by Khrzhanovsky V.G. and Ponomarenko S.F. from the Practicum of the General Botanical Course concerned with performing morphometric measurements, and also the technique of S.I. Sedelev for the mathematical calculations of variative series, in particular, the method of combinatory interpretation.

As a result of the investigation of 322 fully blooming flowers, we chose 28 samples differing from each other in four features: length, width, shape of the tip and the color of petal. Possible variability of *I. pumila* lower petal estimated by the method of combinatory interpretation was 210. As a result of the combinatorial interpretation, it can be concluded that the population is highly environmentally sustainable, because these characters are capable of correlating in the changing environmental conditions.

Micromorphological trichome features of some selected *Asteraceae* genera

Karanović D.[1], Zorić L.[1], Zlatković B.[2], Luković J.[1]
[1] University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia;
[2] University of Niš, Niš, Serbia;
dunja.karanovic@dbe.uns.ac.rs

Comparative analysis of micromorphological features of leaf, stem, fruit and receptacle surfaces has been carried out on 17 species of the tribe Inuleae (*Inula*, *Dittrichia*, *Limbarda*, *Pulicaria*) using stereoscopic, light and scanning electron microscopy. The results obtained indicated the presence of non-glandular and glandular trichomes on the surfaces of the analyzed organs. The non-glandular trichomes on the vegetative organs were multicellular, uniseriate, made up of a short, basal cell and a variable number of rectangular cells connected to an elongated, pointed terminal cell. The non-glandular trichomes on the fruit surface were multicellular and biseriate (twin hairs). Distribution and density of non-glandular trichomes were variable among species. On the basis of their presence and distribution on the fruit surface, the analyzed species were divided into 5 groups. Glandular trichomes on the surface of the vegetative organs and fruits were made up of multicellular biseriate stalks and multicellular biseriate heads. The number of stalk cells varied among the species. Different distribution of glandular trichomes was recorded on the surface of most examined species, except for *L. crithmoides*, whose analyzed organs were devoid of glandular trichomes. The distribution of glandular trichomes on the leaf surface was assigned to 4 types. Non-glandular and glandular trichomes on the surface of receptacle were multicellular and uniseriate. Detailed descriptions of micromorphological characteristics of trichomes were given and specific qualitative features that characterize the species were emphasized. The data obtained can be useful in species identification and make a valuable contribution to micromorphological differentiation of *Inuleae* congeneric taxa.

Особенности организации апикальных стенок секреторных клеток в железистых трихомах *Doronicum pardalianches* L. (*Asteraceae*)

Мосина А.А., Костина О.В., Муравник Л.Е.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
mosinannna@gmail.com

На поверхности надземных органов *Doronicum pardalianches* L. формируется 3 типа железистых трихом. Каждый из них обладает специфическими структурными характеристиками и приурочен к определенным органам. В составе секрета железистых трихом цитохимически удалось показать наличие полисахаридов, терпеноидов и полифенолов.

Синтез соединений липидной природы подтверждает ультраструктура секреторных клеток. Строение оболочек секреторных клеток в трихомах разных типов предполагает наличие двух механизмов выведения секрета.

Первый состоит в накоплении продуктов секреции в субкутикулярной полости и последующем ее разрыве; он свойственен трихомам 1-го и 2-го типа. Во втором случае образование субкутикулярной полости не происходит, секрет накапливается в клеточной стенке; такой механизм обнаружен в трихомах 3-го типа.

Выявлена не описанная в литературе ранее структура апикальной стенки трихом 1-го и 2-го типа. На начальном этапе происходит отложение аморфного секрета непосредственно под кутикулой. С увеличением размера отложений происходит разрыхление структуры периферической части стенки и изменение в ней ориентации микрофибрилл целлюлозы. Образованные вследствие разрыхления полости заполняются секретом. Аккумуляция секрета под кутикулой приводит к необратимому разрушению апикальной клеточной стенки, формированию субкутикулярной полости и ее разрыву. Апикальная стенка трихом 3-го типа имеет широкий кутинизированный слой и толстую кутикулу, пронизанную пектиновыми дендритами. По ним на поверхность головки железки могут выводиться полисахариды. Вещества липидной природы накапливаются в толще клеточной стенки или в самой кутикуле.

Различия в способе выведения секрета отражают функциональную направленность секреторных структур разных типов: в то время как трихомы 1-го и 2-го типа играют роль продуцентов летучих соединений, обеспечивающих дистанционную защиту, трихомы 3-го типа накапливают токсичные вещества, которые отталкивают травоядных при непосредственном контакте с ними.

The peculiarities of the apical walls of the secretory cells in the *Doronicum pardalianches* L. (*Asteraceae*) glandular trichomes

Mosina A.A., Kostina O.V., Muravnik L.E.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy Sciences, Saint Petersburg, Russia

Three types of the glandular trichomes are formed on the aerial organs in *Doronicum pardalianches* L. Each of them possesses specific structural features and is localized on the certain organ. In glandular trichomes, histochemistry allowed to establish the presence of polysaccharides, terpenoids and polyphenols.

The ultrastructure of secretory cells confirms the synthesis of lipid substances. The cell wall structure in different types of the glandular trichomes involves two mechanisms of secretion. The first mechanism involves accumulation of secretion in subcuticle cavity and its further rupture. It is typical of the 1st and 2nd trichome types. In the second case, formation of the subcuticular cavity does not occur, and the secretion accumulates in the cell wall. Such mechanism is found in trichomes of the 3rd type.

In the glandular trichomes of the 1st and 2nd types, we found an unusual structure of the apical cell wall that has not been earlier described. At the initial stage, amorphous secretion is deposited directly under the cuticle. During accumulation of the secretion, the precipitation is increased; the wall periphery is loosened, and cellulose microfibrils change their orientation. The secretion fills all the cavities formed as a result of the cell wall loosening. Secret accumulation under the cuticle results in irreversible destruction of the apical cell wall, formation of the subcuticle cavity and its further damage. The apical cell walls of the glandular trichomes of the 3rd type have a wide cuticularized layer and a thick proper cuticle that is pierced by many pectin dendrites. Through them polysaccharides are transported to the head surface. The lipid substances, which cannot move through the dendrites, are accumulated within the cell wall and in the cuticle.

The differences in the mode of secretion demonstrate diverse functions of the glandular trichomes of all types. The trichomes of the 1st and 2nd types produce volatile substances that provide a remote defense against insects. The trichomes of the 3rd type accumulate toxic substances which repel herbivorous insects as a result of a direct contact with them.

Особенности анатомического строения стебля *Thalictrum flavum* L.

Овчинникова Ю.А., Шабалкина С.В.
Вятский государственный университет, Киров, Россия
zorgkokb@gmail.com

Для выявления приспособлений *Thalictrum flavum* L. к условиям среды изучено анатомическое строение вегетативных органов растений. Особи встречаются в местах с разной влажностью: луга, берега рек, заросли кустарников, опушки. Объект исследования – стебли генеративных растений, собранных на пойменном разнотравно-злаковом луге в окр. г. Кирова. Выполнены поперечные срезы междоузлий трех метамеров, изучены под микроскопом Motic BA 300 со встроенной цифровой камерой, в 10-кратной повторности измерены линейные размеры структур при помощи программы, разработанной Г.Я. Кантором.

В строении оси междоузлия 1-го метамера (в основании) выражены эпидерма, паренхима коры (толщина 100 мкм), центральный цилиндр (толщина 500 мкм). Последний представляет типичную эвстелу из располагающихся по кругу открытых коллатеральных сосудисто-волокнистых пучков (размер 185±3,54*425±53,03 мкм), между которыми находится межпучковая паренхима. В центре стебля выражена воздухоносная полость. Структура стебля междоузлия 7-го метамера (в середине) несколько отличается. Под эпидермой в составе первичной коры (77,5±15,16 мкм) выделяются уголковая колленхима (в ребрах), основная паренхима и хлоренхима. Центральный цилиндр (290±28,68 мкм) имеет пучковое строение, пучки в котором располагаются в два ряда. Пучки первого ряда примыкают к перициклическому склеренхимному кольцу, небольшие (157,5±26,52

мкм в диаметре), сосудисто-волокнистые, открытые коллатеральные. Пучки второго ряда располагаются в промежутках между пучками первого ряда, значительно крупнее (188,5±4,60*368,17±30,81 мкм), имеют идентичное строение. Между ними находится паренхима стелы. В центре стебля имеется воздухоносная полость. Ось междоузлия 10-го метамера (в соцветии) имеет сходное строение. Отличаются лишь биометрические параметры структур.

Исследование поддержано РФФИ (проект № 16-04-01073).

Features of the anatomical structure of the stem *Thalictrum flavum* L.

Ovchinnikova Yu.A., Shabalkina S.V.
Vyatka State University, Kirov, Russia

To identify the adaptations of *Thalictrum flavum* L. to the environmental conditions, the anatomical structure of vegetative organs of plant was studied. The plants occur in places with different humidity: meadows, river banks, thickets of bushes, edges of the forest. The object of the study was the stems of generative plants harvested in the mixed-grass-cereal meadow in the outskirts of Kirov. Cross-sections of interstices of three metamers were made and studied under a Motic BA 300 microscope with an integrated digital camera. Linear dimensions of the structures were measured in tenfold replication using a program developed by G.Ya. Kantor.

In the structures of the interstitial axis of the first metamer (at the base), epidermis, cortical parenchyma (100 μm thickness), central cylinder (thickness 500 μm) are expressed. The latter represents a typical eustela of circling open collateral vascular fibrous beams (185±3.54 * 425±53.03 μm in size), with inter-bundle parenchyma between them. In the stem center, the air cavity is expressed. The stalk structure of the 7th metamer interstice (in the middle) is somewhat different. Under the epidermis in the primary cortex (77.5±15.16 μm), the angular collenchyma (in the ribs), main parenchyma and chlorenchyma can be distinguished. The central cylinder (290±28.68 μm) has beam structure, where beams are arranged in two rows. The first row beams adjoin the pericyclic sclerenchyma ring and are small (157.5± 26.52 microns in diameter), vascular fibrous, and open collateral. The second row beaMS are located in the spaces between the first row beams, are much larger (188.5±4.60 * 368.17±30.81 μm) and have the same structure. Between them is the parenchyma of the stelae. In the center of the stem there is an airway cavity. The interstitial axis of the 10th metamer (in the inflorescence) has a similar structure. Only the biometric parameters of the structures are different.

The study was supported by the Russian Foundation for Basic Research (Project No. 16-04-01073).

Изменчивость признаков шишкоягод у деревьев *Taxus baccata* L. разных возрастов в казбековской популяции Предгорного Дагестана

Омарова П.К.
Горный ботанический сад ДНЦ РАН, Махачкала, Россия
parizat.omarova.87@mail.ru

В изучении природных популяций редких видов растений важнейшее теоретическое и практическое значение имеет выявление изменчивости ключевых вегетативных и генеративных признаков. К таким древесным растениям Дагестана относится *Taxus baccata* L., вид, занесенный в Красные книги РФ и РД.

Необходимость изучения природных популяций *T. baccata* связана с поиском критериев для их разграничения и изучения влияния фрагментарности и удаленности его массивов друг от друга на дисперсию основных признаков.

В работе приведены итоги изучения внутрипопуляционной изменчивости морфологических признаков шишкоягод у деревьев разных возрастов *T. baccata* казбековской популяции (h=1044 м над ур. моря) Предгорного Дагестана.

Возрастной диапазон выделенных для учета в этой популяции женских особей составил 459 лет. В целом предельный возраст особей в этой популяции незначительный, если учесть известную продолжительность жизни деревьев тиса до 4000 лет.

Анализ средних значений показал тенденцию к увеличению показателей признаков генеративных органов до определенного возраста (в нашей работе 239 летнее дерево). У самого взрослого дерева показатели несколько снижаются (509 лет).

Для оценки различий, связанных с возрастом, показатели шишкоягод деревьев разных календарных возрастов объединены в три группы. В первую группу вошли показатели деревьев в возрасте до 104 лет, во вторую до 239 лет и в третью до 509 лет.

Различия показателей этих групп оценены по t критерию. Обнаружены достоверные различия показателей признаков шишкоягод кроме признака «ширина шишкоягоды» между деревьями 239 и 509 лет и признака «диаметр воронки» между деревьями до 104 и 239 лет. Полученные различия подтверждают влияние возрастных особенностей деревьев тиса ягодного на большинство показателей признаков шишкоягод.

Age variability of galberry features of *Taxus baccata* L. in Kazbekovsky population of Foothill Dagestan

Omarova P. K.
Mountain Botanical Garden of the Dagestan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia

In studying natural populations of rare plant species, of major theoretical and practical importance is identification of key vegetative and generative features. *Taxus baccata* L., which belongs to such woody plants of Dagestan, is included in the Red Lists of the Russian Federation and the Republic of Dagestan.

It is important to study the natural populations of *T. baccata* because this will help to find the criteria for their differentiation and influence of fragmentariness and remoteness of the plant massifs from each other on the dispersion of the main characters.

The results are presented of intra-population morphological feature variability studies of *T. baccata* galberriy trees of different ages, belonging to Kazbekovsky population of Foothill Dagestan (m h=1044 above sea level).

The age range of the female plants considered in this population amounted to 459 years. In general, the age limit of individuals in this population is insignificant, considering the fact that the known life expectancy of yew trees is up to 4000 years.

The analysis of average values has shown a tendency for the generative organ character indicators to increase up to certain age (in our work, up to 239 years). At the oldest tree, the indicators slightly decrease (509 years).

To assess the distinctions connected with age, the indicators of galberriy trees of different calendar ages were divided into three groups. The first group includes indicators of trees aged up to 104 years, the second, up to 239 years and the third, up to 509 years of age.

The distinctions in indicators belonging to different groups were estimated based on t criterion. Reliable distinctions of galberry character indicators were found besides "the galberry width" between trees of 239 and 509 years of age, and "diameter of a funnel" between trees up to 104 and 239 years of age. The obtained distinctions confirm the influence of age features of yew berry trees on the majority of indicators of galberry characters.

Исследование особенностей диагностических признаков двух хемотипов тимьяна ползучего (*Thymus serpyllum* L.), произрастающих на территории Казахстана

Оразбаева П.З.[1], Ишмуратова М.Ю.[2], Лосева И.В.[1], Ивасенко С.А.[1]
[1] Карагандинский государственный медицинский университет, Караганда, Казахстан;
[2] Карагандинский государственный университет им. академика Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан;
perizat_abay@mail.ru

Цель. Сравнить характеристики морфологических и анатомических признаков двух хемотипов тимьяна ползучего, произрастающих на территории Казахстана.

Материалы и методы. Сбор тимьяна ползучего проводили в местах естественного произрастания в Корнеевских лесах и горах Каркаралы (Центральный Казахстан). Образцы для исследований были собраны во второй-третьей декадах июля 2017 г. в фазе полного цветения.

Результаты. Проведенный морфологический и микродиагностический анализ тимьяна ползучего выявил общие и отличительные диагностические признаки. Анализ описаний сырья, собранных в Корнеевских лесах и в горах Каркаралы показывает сходство в строении вегетативных и генеративных органов, хотя отмечены некоторые отличия, которые связаны с экологическими условиями произрастания.

Так, у тимьяна ползучего, собранного в Корнеевских лесах, поперечное сечение стебля почти цилиндрическое или неясно четырехгранное; у тимьяна ползучего, собранного в горах Каркаралы - ясно округло-четырехгранное.

Листья обычно узко-эллиптические, реже линейные с ровным краем, сидячие либо с очень коротким черешком. Поверхность листьев почти голая с хорошо выраженными многочисленными эфирно-масличными железками; для сырья из 1-ой точки сбора – по краю реснитчатая, для сырья из 2-ой точки сбора - с незначительным опушением по главной жилке.

Цветки мелкие, собраны в полумутовки по несколько штук, образующие головчатое соцветие, в нижней части соцветия располагаются мутовки. Цвет венчика розово-фиолетовый, ярко-розовый, реже белый для сырья из Корнеевки, розово-фиолетовый - для сырья из Каркаралы.

Заключение. Диагностическими признаками сырья тимьяна ползучего можно рассматривать:

- для стебля - форма поперечного среза стеблей, тип опушения;
- для листа - общая форма листовой пластинки, реснитчатый край, наличие большого количества слегка погруженных в эпидерму листа эфирно-масличных железок;
- для чашечки - форма и цвет чашечки, строение зубцов, степень опушения, размещение трихом.

Investigation of two chemotype features of *Thymus serpyllum* L. growing in the territory of Kazakhstan

Orazbayeva P.Z.[1], Ishmuratova M.Yu. [2], Loseva I.V.[1], Ivasenko S.A. [1]
[1] Karaganda State Medical University, Karaganda, Kazakhstan;
[2] Karaganda State University named after academician Ye.A.Buketov, Karaganda, Kazakhstan

The purpose of this study was to compare the characteristics of morphological and ianatomical features of two chemotypes of *Thymus serpyllum* L. growing on the territory of Kazakhstan.

Th. serpyllum was collected in places of natural growth in the Korneevsky forests and the mountains of Karkaraly (Central Kazakhstan). The samples for research were collected in the second and third decades of July 2017 in the full flowering phase.

The morphological and microdiagnostic analysis of *Th. serpyllum* revealed common and distinctive diagnostic features. Analysis of raw material description collected in the Korneevsky forests and in the Karkaraly mountains shows similarities in the structure of vegetative and generative organs, although some differences are noted that are related to the ecological conditions of growth.

In *Th. serpyllum*, collected in the Korneevsky forests, the stem cross section is almost cylindrical or unclearly tetrahedral; *Th. serpyllum*, collected in the mountains of Karkaraly, it is clearly rounded-tetrahedral.

The leaves are narrow-elliptical with an even edge, sessile or with a very short stalk. The leaf surface is almost naked with well-expressed numerous ethereal-oil glands; for raw materials from the 1st collection point, along the edge ciliate; for raw materials from the second collection point, with a slight pubescence on the main vein.

Flowers are small, collected in a whisk, with several pieces forming a head inflorescence, with whorls in the lower part of the inflorescence.

Thus, the following diagnostic signs of *Th. serpyllum* can be considered:

- for the stem, the shape of the transverse section of the stems, type of pubescence;
- for the leaf, the general shape of the leaf blade, ciliate margin, the presence of a large number of slightly edged ethereal-oilseed glands in the epidermis leaf ;
- for the cup, the shape and color of the calyx, the structure of the teeth, the degree of pubescence, the placement of trichomes.

Особенности филлопланы *Gnetum* L. (*Gnetaceae*)

Пагода Я.О.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;
Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;
ianinapagoda@gmail.com

Показано, что нарушение структурной целостности эпидермы листьев происходят уже в процессе их роста и развития. В ответ на эти повреждения возникают коровые бородавки. Они изолируют у *Gnetum gnemon* L. и *G. montanum* Markgr. поврежденные патогенами участки листа от здоровых тканей. Рассмотрен морфогенез коровых бородавок и приведены данные, свидетельствующие о выполнении ими защитных функций.

Изучена микобиота филлоплан гнетумов, растущих в условиях оранжереи. Обнаружено 17 видов микромицетов, относящихся к родам *Acremonium, Alternaria, Cladosporium, Paecilomyces, Penicillium, Phoma, Rhizopus, Sarocladium, Sclerotinia, Talaromyces*. Сделан вывод о том, что их споры попадают на поверхность листьев и их зачатков главным образом из воздуха. Микобиота филлоплан демонстрирует закономерные сезонные изменения. Они коррелируют с изменением температуры и влажности воздуха в оранжерее и происходят по-разному в верхней и нижней эпидерме листа. Установлено, в частности, что общее число видов в адаксиальной филлоплане весьма стабильно в течение года. Они формируют на поверхности верхней эпидермы своеобразные биопленки. В абаксиальной филлоплане максимум видового разнообразия приходится на весенне-летний период, минимум – на зимний. На протяжении всего года в филлоплане присутствую микромицеты, которые являются биодеструкторами компонентов клеточных стенок растений, что приводит к образованию коровых бородавок.

The phylloplane features of *Gnetum* L. (*Gnetaceae*)

Pagoda I.O.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia;
St. Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

It has been shown that the disturbance of epidermal integrity is already in process during the growth and development of leaves. In response to these damages cork warts occur. They isolate the damaged sections of *Gnetum gnemon* L. и *G. montanum* Markgr. leaves from undamaged tissues. The morphogenesis of cork warts has been investigated and they have been shown to fulfill protective functions.

The phylloplane fungi of gnetums growing in the greenhouse were investigated. In total, seventeen fungi were isolated from phylloplane belonging to genera *Acremonium, Alternaria, Cladosporium, Paecilomyces, Penicillium, Phoma, Rhizopus, Sarocladium, Sclerotinia, Talaromyces*. It was concluded that their spores fall on the leaf surface and primordia mainly from the air. Phylloplane mycobiota shows regular seasonal changes. They correlate with the temperature changes

and air humidity in the greenhouse and progress differently in upper and lower epidermis. In particular, it was established that the total number of species in the adaxial phylloplane is quite stable during the year. They form peculiar biofilms on the surface of the upper epidermis. In the abaxial phylloplane, maximum biodiversity is observed in spring and summer, with the minimum in winter. All through the year, there are micromycetes present in the phylloplane, which are biodestructors of the plant cell wall components, thereby causing cork wort formation.

Морфология нормальных и мутантных сеянцев из семенного потомства мутационной «ведьминой метлы» *Picea obovata* Ledeb.

Полякова О.И.
Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия;
Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия;
polyakova_olga93@mail.ru

Мутационные «ведьмины метлы» (ВМ) представляют собой фрагмент кроны дерева с аномально плотным ветвлением и замедленным ростом побегов, по сравнению с нормальной частью кроны. Данная работа была направлена на изучение морфогенеза семенного потомства мутационной ВМ ели сибирской и выявление признаков, дифференцирующих мутантное и нормальное семенное потомство.

Исследование проводилось на Научном стационаре «Кедр» Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН. Объектом исследования послужили 85 двухлетних сеянцев из семенного потомства мутационной ВМ.

Для дифференциации сеянцев ели были использованы следующие признаки: диаметр гипокотиля, длина побега второго года, длина хвои на побеге второго года и число пазушных структур на 1 см суммы длин побегов первого и второго года. Семенное потомство оказалось разделено на три класса 44% мутантных сеянца, 41% нормальных и 15% неопределенных. Уже в первый год развития сеянцев ели сибирской можно было наблюдать различия по ряду признаков. Число структур в пазухах ювенильной хвои у потомства с мутантным фенотипом было в 2,5 раза больше, чем у нормальных сеянцев. Длина побега и хвои первого года у нормальных сеянцев были в 2,1 и 1,5 раза больше, чем у мутантного потомства. Различия между группами по мере роста и развития сеянцев увеличивались. Длина побега второго года у нормальных сеянцев была уже в 2,9 раза больше, чем у мутантов, а длина хвои - в 1,7. Число пазушных структур на 1 см суммы длин побегов первого и второго года у потомства с мутантным фенотипом было в 2,4 раза больше, чем у нормального потомства. В целом высота нормальных двухлетних сеянцев была больше, чем у мутантных, в 2,2 раза.

Morphology of normal and mutant seedlings from the seed progeny of a mutational "witch's broom" *Picea obovata* Ledeb.

Polyakova O.I.
National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia;
Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia

Mutational witches' broom (WB) is a fragment of the tree crown with abnormally dense branching and slow shoot growth, which is qualitatively different from those of a normal crown. The aim of this work was to investigate the morphogenesis of seed progeny from the Siberian spruce WB and to identify the character

s that differentiate mutant progeny from the normal one.

The research was conducted at the «Kedr» Field Station, which is managed by the Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS. The object of the study were 85 two-year seedlings from the seed progeny of the mutational WB.

The spruce seedlings were differentiated by the following characters: the diameter of hypocotyl, the length of the second year shoot, the length of the second year needles and the number of axillary structures along 1 cm of the first and second year shoots. Seed offspring was divided into three classes of 44% mutant seedlings, 41% normal and 15% uncertain. The variation in many characters in the Siberian spruce can be observed even during the first year of life. Mutants formed 2.5 times more structures in the juvenile needle axils than normal seedlings did. The first year shoots and needles were 2.1 and 1.5 times longer in the normal seedlings than those in the mutants. With further plant development, the differences in their growth characters increased. In the second year of life the shoots in the normal seedlings were 2.9 times and needles, 1.7 times longer than those in the mutants. Mutant progeny had 2.4 times more axillary structures per unit of the first and second year shoot length than normal progeny. On the whole, the normal second-year seedlings were 2.2 times higher than the mutant ones.

Сравнительный анализ морфологической структуры шишек у маточных деревьев и их вегетативного потомства (на примере *Pinus sibirica* Du Tour)

Попов А.В.
Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия;
Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия;
tomskceltic@gmail.com

Базовым положением теории «плюсовой» селекции древесных пород считается требование проверки отобранных деревьев по вегетативному потомству с целью выявления особей с генотипически обусловленным превосходством. Цель исследования - проведение сравнительного анализа структуры шишек маточных деревьев и их вегетативного потомства (прививок). Объекты исследования - постоянная пробная площадь в Нижне-Сеченовском припоселковом кедровнике (30 км от г. Томск) и 25-летний клоновый архив на научном стационаре «Кедр» ИМКЭС СО РАН.

Сравнение структуры шишек позволило установить, что только по 9 из 14 исследованным признакам есть статистически значимые различия при $p \leq 0.05$. Шишки маточных деревьев превосходили их вегетативное потомство на 10 % по длине шишек, на 13,7 % по общему числу чешуй, на 18 % по исходному числу семяпочек и на 45 % по числу развитых семян. При анализе пар «маточное дерево - клон» установлено, что у 3 из 8 пар статистически значимые различия наблюдались только по 1 признаку, у 3 пар по 3 признакам, у 1 пары по 6, и у 1 пары по 8 признакам.

Анализ развития семяпочек позволил установить, что у вегетативного потомства отмечалось повышенное количество неопыленных семяпочек (на 10 % больше), сниженное количество развитых семян (на 45 %), меньшее количество семяпочек с абортированным мегагаметофитом (на 45 %) и меньшее число полнозернистых семян (на 44 %).

По результатам проведенного анализа установлено, что шишки вегетативного потомства меньше по линейным размерам, чем шишки маточных деревьев. В целом для шишек вегетативного потомства характерно повышенная «смертность» семяпочек на стадии опыления и невысокая во время позднего эмбрионального развития.

The comparative analysis of the morphological structure of cones of mature trees and their vegetative offspring (for example, *Pinus sibirica* Du Tour)

Popov A.V.
National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia;
Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia

The basic principle of the theory of "plus" selection is the requirement to check the selected trees for vegetative offspring in order to identify individuals with genotypically conditioned superiority. The aim of the study was to perform a comparative analysis of the structure of the cones of mature trees and their vegetative offspring (grafting). The objects of the study were a permanent trial plot in the Nizhne-Sechenovsky near-village cedar forest (30 km from Tomsk) and a 25-year-old clonal archive at the field station «Kedr» of the IMCES SB RAS.

Comparison of the cone structures made it possible to establish that only for 9 of the 14 characters studied there were statistically significant differences at $p \leq 0.05$. Cones of mature trees exceeded their grafting by 10 % over the length of cones, 13.7 % in the total number of scales, 18 % in the number of ovules and 45% in the number of developed seeds. When analyzing the pairs "mature tree - clone", it was established that in 3 out of 8 pairs, statistically significant differences were observed only by 1 feature, 3 pairs by 3, 1 pair by 6, and 1 pair by 8 features.

Analysis of ovule development allowed to establish that in the grafting there was an increased number of non-pollinated ovules (more than 10%), a reduced amount of developed seeds (45%), fewer ovules with aborted megametophyte (45%) and fewer full-grain seeds (44%).

As a result of the analysis it was revealed that the cones of grafting were smaller than mature tree cones. In general, the cones of vegetative offspring were characterized by an increased "mortality" of ovules at the stage of pollination and low “mortality” during late embryonic development.

К вопросу о становлении жизненной формы у кустарников на примере некоторых видов калин (*Viburnum* L.)

Сахоненко А.Н., Матюхин Д.Л.
Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия
alesx@mail.ru

Предпосылкой для исследования закономерностей развития жизненной формы у видов рода Калина - *Viburnum* L. послужило изучение коллекций рода в ботанических учреждениях. Всего изучено более 25 видов, особи анализировали в различных возрастных состояниях и условиях произрастания. Наблюдения за прорастанием семян и развитием сеянцев позволили подробно изучить ранние этапы онтогенеза 6 видов рода. При описании

использовалась терминология М.Т. Мазуренко и А.П. Хохрякова.

Развитие у всех изученных видов начинается с одноосной структуры. Дольше всего одна ось сохраняется в структуре растений тех видов, чьи экземпляры во взрослом состоянии имеют наибольший размер. На 2-6 год в зависимости от вида в структуре особи появляются дополнительные оси 2 порядка. У одних видов при ветвлении преобладает базитония, у других - акротония, иногда оба процесса находятся в равновесии. Процессы образования скелетных осей высших порядков с возрастом у большинства видов усиливаются. При этом молодые растения развиваются как аэроксильные кустарники. Большую роль в формировании структуры особи играет зона ответвления осей от первичного побега. Здесь от границы главного корня и стебля до ответвления последней верхней скелетной оси начинает формироваться укороченная осевая основа растения. С возрастом роль осевой основы в формировании структуры особи возрастает. Постепенно осевая основа погружается в опад, а затем в почву. При этом растения переходят к геоксильному типу развития куста. У некоторых видов из придаточных почек на корнях образуются молодые оси, начинается развитие парциальных образований. В сенильном состоянии укороченная осевая основа постепенно разрушается, что в итоге приводит к отмиранию особи или её существованию в виде парциальных клонов.

On the development of shrub life forms on the example of some *Viburnum* L. species

Sakhonenko A.N., Matyukhin D.L.
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

We had been studying collections of species of the genus *Viburnum* L which triggered our interest to finding and comparing patterns in viburnums type development. Our experiments and observations made it possible to study in detail the early stages of ontogeny of 6 species of the genus. In total, more than 25 species of the genus *Viburnum* were objects of long-term studies. They concerned individuals in different age states under different growth conditions. The description used the terminology of M.T. Mazurenko and A.P. Khokhryakov.

Development in all species begins with a uniaxial structure. For the longest time, one axis is preserved in the structure of the species whose specimens in the adult state are of the largest size. In the 2nd to 6th year, depending on the species, additional axes of the second order appear in the structure of plants. Depending on the species, either basitonia or acrotonia predominate during branching, but sometimes both processes are balanced. With age, the processes of higher-order skeletal axis formation in most species are enhanced. A large role is played by the zone of branching of these axes from the primary stem. Here, from the boundary of the main root and stem to the last branch of the skeletal axis, a shortened axial base of the plant begins to form. With age, its role in plant structure formation increases. Gradually, the shortened axial base is immersed in litter, and then into the soil. In this case, plants change to the geoxyl type of bush development. In the old age, the shortened axial base is gradually destroyed. This leads to the death of the individual or to its existence as partial clones.

Морфологическая изменчивость региональных популяций *Artemisia sieversiana* Willd. (Западное Забайкалье)

Сахьяева А.Б.
Бурятский государственный университет, Улан-Удэ, Россия
ayuna.sahyaeva@mail.ru

Полынь Сиверса - голарктический вид рода *Artemisia* L., относится к группе монокарпических одно-двулетних растений. По своей экологии является мезоксерофитом. Ареал ее распространения включает в себя Западную, Среднюю, Восточную Сибирь, Приуралье в Европе, юг Дальнего Востока, Среднюю Азию, Монголию, Китай. В растительности Забайкалья полынь Сиверса представлена тремя морфотипами (разновидности, экотипы), это исходный лесостепной морфотип, а также адвентивный и залежный.

Эколого-фитоценотические исследования полынных сообществ и популяций проводились маршрутным и полустационарным методами на территории Западного Забайкалья.

Типично адвентивная форма произрастает на рудеральных местообитаниях, пустырях или по окраинам пашен. Для данной формы характерны крупные размеры, стебель в верхней половине ветвится в крупном метельчатом соцветии. Все растение сизое от коротких прижатых волосков.

В условиях залежей, в сообществах бурьянистой и корневищной растительности, полынь Сиверса обладает биоморфой, отличающейся от типичной адвентивной формы. Это растения средней высоты (20-40 см), метелка хорошо развита, однако сравнительно слабо сформированы системы вторичных цветоносных побегов в пазухах верхних листьев.

Третья форма встречается в первичных экотопах: на конусах выноса, на бедных супесчаных и мелкощебнистых отложениях в растительности лесостепи. Особи данной формы невысокие (до 20-25 см). Для данной формы характерно очень сжатое метельчатое соцветие, крупные корзинки, сидячие по одному на очень коротких ножках, цветоносах.

Morphological variability of regional populations of *Artemisia sieversiana* Willd. (Western Transbaikalia)

Sakhyaeva A.B.
Buryat State University, Ulan-Ude, Russia

Artemisia sieversiana, a holarctic species of the genus *Artemisia* L., belongs to the group of monocarpic one-biennial plants. Ecologically it is a mezoxerophyte. The range of its distribution includes Western, Middle, and Eastern Siberia, the Urals in Europe, the south of the Far East, Central Asia, Mongolia, and China.

In the Transbaikalian vegetation, *Artemisia sieversiana* is represented by three morphotypes (varieties, ecotypes). It is originally a forest-steppe morphotype, as well as ta adventive and fallow type. Ecological and phytocenotic studies of wormwood communities and populations were conducted by route and semi-stationary methods in the territory of Western Transbaikalia.

Typically an adventive form grows on ruderal habitats, vacant lots or on the outskirts of arable land. This form is characterized by large dimensions, the stem in the upper half branching in a large paniculate inflorescence. The entire plant is bluish, which is due to short hairs pressed to its body.

In the conditions of deposits, in communities of weedy and rhizome vegetation, *Artemisia sieversiana* possesses a biomorph, which is different from a typical adventive form. These plants are of average height (20-40 cm), the panicle is well developed, but the systems of secondary flower-bearing shoots in the sinuses of the upper leaves are relatively poorly developed.

The third form is characteristic for primary ecotopes, on the cones of removalor on poor sandy-loamy and fine-grained sediments in the forest-steppe vegetation. The individuals belonging to this form are low (up to 20-25 cm). This form is characterized by a very compressed paniculate inflorescence, large baskets, sessile, with one basket on very short legs, and peduncles.

Таксономический анализ представителей рода *Pinus* L. по морфологическим и анатомическим признакам брахибластов

Симахин М.В., Исачкин А.В., Крючкова В.А., Матюхин Д.Л.
Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия
Simakhin1439@yandex.ru

Род *Pinus* L. включает в себя около 114 видов, распространенных исключительно в северном полушарии (кроме *Pinus merkusii*). Многие сосны имеют большое хозяйственное значение и используются в качестве источника древесины, смолы и т.д. На объектах благоустройства и озеленения встречается все больше представителей данного рода. В связи с вышеперечисленным, имеется необходимость в изучении признаков, позволяющих с высокой точностью определять таксоны.

Цель работы: определение значимости морфологических и анатомических признаков брахибластов для определения таксонов. Задачи исследования: уточнение модальностей количественных и качественных признаков методом описания, унификация переменных, определение степени сходства таксонов методом весовой таксономии Е.С. Смирнова.

В качестве объектов служили брахибласты представителей рода *Pinus*, относящиеся к 48 таксонам. Брахибласты изучались в 10-кратной повторности по каждому признаку у каждого таксона. Всего в исследовании рассматривалось 17 морфологических и анатомических признаков с применением морфометрического метода и метода микроскопии. Кластеризация проведена методом невесовой таксономии Е.С. Смирнова.

В результате исследования удалось уточнить модальности качественных и количественных признаков методом описания, унифицировать переменные. Таксономический анализ Е.С. Смирнова показал, что признаки брахибластов в целом с достаточно высокой точностью разделяют таксоны из подродов *Pinus* и *Strobus*. Выяснилось также, что весь подрод *Strobus* вошел в один кластер, представители которого имеют слабое варьирование признаков, тогда как в подроде *Pinus* выделено несколько разных по объему кластеров.

Исследование показывает, что брахибласт является достаточно значимым органом для определения таксонов. Без учета его признаков результаты определений будут менее точными.

Taxonomic analysis of representatives of the genus *Pinus* L. based on morphological and anatomical features of brachyblasts

Simakhin M.V., Isachkin A.V., Kryuchkova V.A., Matyukhin D.L.
Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

The genus *Pinus* L. includes approximately 114 species distributed exclusively in the northern hemisphere (except *Pinus merkusii*). Many pines are of great economic importance and are used as a source of wood, resin and so on. More and more representatives of this genus are found on the sites of landscaping and gardening.

The objective was to determine the significance of morphological and anatomical features of brachyblasts for taxa identification. The research tasks included refinement of modalities of quantitative and qualitative features by the methods of description, unification of variables, as well as determination of the degree of similarity between taxa by Smirnov's method of weight taxonomy.

The objects under study were brachyblasts of the *Pinus* genus belonging to 48 taxa. Brachyblasts were studied in 10-fold repetition for each character in each taxon. In total, 17 morphological and anatomical features were considered using the morphometric method and the microscopy method. Clustering was carried out by the method of weightless taxonomy developed by E.S. Smirnov.

As a result of the study it was possible to clarify the modalities of qualitative and quantitative characteristics and to unify the variables. Smirnov's taxonomic analysis showed that the taxa from the subgenus *Pinus* and *Strobus* share the features of brachyblasts in general with high accuracy. It was also found that the whole the *Strobus* subgenus belonged to the same cluster, whose representatives have weak fluctuation of features, whereas in the *Pinus* subgenus several clusters of different size can be distinguished.

The study shows that brachyblast is significant enough for the determination of taxa. Without considering its signs, the results of the definitions will be less precise.

Морфология пыльцы некоторых представителей семейства *Chenopodiaceae* Vent. флоры Армении

Сонян А.О.
Институт ботаники имени А.Л. Тахтаджяна Национальной академии наук Республики Армения, Ереван, Армения
hasmiksonyan@gmail.com

Семейство *Chenopodiaceae* Vent. широко распространено и включает примерно 100 родов и около 1400 видов. Большинство представителей данного семейства формировалось в эвтрофных, галофильных местообитаниях, в областях с аридным климатом. В Армении семейство представлено 30-36 родами и 80-90 видами.

Пыльцевые зерна маревых глобально-многопоровые. В качестве основных диагностических признаков рассматриваются общие размеры пыльцевых зерен, количество пор и их диаметр, толщина экзины и др.

С помощью светового микроскопа изучена пыльца 12 видов из 4 родов сем. *Chenopodiaceae* флоры Армении.

Исследования показали, что среди четырех изученных видов рода *Atriplex L.* (*A. patens* (Litv.) Iljin, *A. patula* L., *A. turcomanica* (Moq.) Boiss., *A. tatarica* L.) наименьшими размерами пыльцевых зерен характеризуются виды *A. turcomanica* и *A. tatarica* (17-20 мкм), при этом пыльца *A. tatarica* имеет наибольшее количество пор (36-43). По роду *Beta L.* выявлено значительное сходство видов *B. lomatogona* Fisch. et C.A. Mey. и *B. macrorrhiza* Stev. по размерам пыльцевых зерен (15-21 мкм), количеству пор (13-22) и размерам пор (2,0-3,1 мкм в диам.). В то же время у вида *B. corolliflora* Zossim. ex Buttler общие размеры пыльцевых зерен колеблются в пределах 21-26 мкм, число пор от 20 до 27, а диаметр пор - от 2,5 до 3,9 мкм. При сходстве размеров пыльцевых зерен у видов *Panderia pilosa* Fisch. et C. A. Mey. и *P. turkestanica* IIjin (21-25 мкм) наблюдается четкая разница между количеством пор: у вида *P. turkestanica* пыльца глобально-24-35-поровая, а у *P. pilosa* - 39-48-поровая. Аналогично, в пределах рода *Salsola* L. s. str. при наличии одинаковых размеров пыльцы у видов *S. ericoides* M.Bieb. и *S. nitraria* Pall. (17-18 мкм), число пор у вида *S. nitraria* колеблется в пределах 20-24, а у *S. ericoides* – от 24 до 32. В то же время у вида *S. dendroides* Pall., размеры пыльцевых зерен которых не превышают 18 мкм, число апертур (согласно нашим, а также литературным данным) может варьировать от 24 до 40.

Pollen morphology of some representatives of the *Chenopodiaceae* Vent. family of armenian flora

Sonyan H.H.
Institute of Botany after A.L. Takhtajyan of the National Academy of Sciences of the Republic of Armenia, Yerevan, Armenia

Chenopodiaceae Vent. family is widespread and includes about 100 genera and 1400 species. Most representatives of this family were generated in eutrophic, halophilic habitats, in areas with arid climate. In Armenia the family is represented by 30-36 genera and 80-90 species.

The pollen of all species of this family is pantoporate. The size of the pollen grains, pore number, their diameter and exine thickness are considered as the main diagnostic features.

Using light microscopy, pollen morphology of 12 species from 4 genera of the family *Chenopodiaceae* flora of Armenia was examined.

Among the 4 species of the genus *Atriplex* L. (*A. patens* (Litv.) Iljin, *A. patula* L., *A. turcomanica* (Moq.) Boiss., *A. tatarica* L.) the smallest pollen grains were described for the species *A. turcomanica* and *A. tatarica* (17-20 μm), but *A. tatarica* pollen has the largest number of pores (36-43). A significant similarity of *Beta lomatogona* Fisch. et C. A. Mey. and *B. macrorrhiza* Stev. with regard to pollen grain diameter (15-21 μm), pore number (13-22) and pore diameter (2.0-3.1μm) was observed. At the same time, the sizes of the pollen grains of the species *B. corolliflora* Zossim. ex Buttler range from 21-26 μm, the pore number from 20 to 27, and the pore diameter from 2.5 to 3.9 μm. The size of the pollen grains is similar for the species *Panderia pilosa* Fisch. et C. A. Mey. and *P. turkestanica* Iijin (21-25 μm), but there is a clear difference between the number of pores: pollen of *P. turkestanica* is 24-35-porate, and *P. pilosa* – 39-48-porate. Similarly, within the genus *Salsola* L. s. str. the sizes of pollen grains of *S. ericoides* M. Bieb. and *S. nitraria* Pall. are the same (17-18 μm), but the number of pores in the species of *S. nitraria* varies from 20 to 24, and in *S. ericoides* from 24 to 32. However, the size of the pollen grains does not exceed *S. dendroides* Pall.18 μm, while the number of apertures (according to our data which also correspond to those found in literature) can vary from 24 to 40.

Сравнительный анализ побеговых систем трех видов рода *Quercus* в среднегорье Северного Кавказа в окрестностях г. Кисловодск

Стаменов М.Н.
Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пущино, Россия
mslv-eiksb@inbox.ru

Одним из перспективных направлений биоморфологии является сравнительный анализ побеговых систем видов в пределах рода. Такие исследования представителей значимого с фитоценотических позиций рода *Quercus* на территории б. СССР очень немногочисленны.

Целью нашей работы был анализ организации побеговых систем у особей *Quercus robur, Q. petraea* и *Q. rubra* в условиях среднегорья Кисловодской котловины и примыкающих хребтов на высотах 830-1300 м н.у.м. Изучали имматурные, виргинильные и молодые генеративные особи, произрастающие на мезофитных лугах на плато, склоновых кальцефитных остепненных лугах и луговых степях, под пологом и на опушках насаждений сосны крымской на склонах и плато, под пологом склоновых осинников и дубрав на плато. Измеряли значения количественных признаков элементарных побегов и двухлетних побеговых систем (ДПС), описывали структурные особенности побеговых комплексов и ветвей от ствола. Всего исследовано 130 особей *Q. robur*, 60 - *Q. petraea* и 56 - *Q.rubra*.

Набор ДПС у *Q. robur* представлен неветвящимися, слабо- и равномерно ветвящимися, мезо-, мезоакро- и акротонными системами с вариабельным соотношением длины материнского и боковых побегов. Для *Q. petraea* наиболее характерны мезоакротонные и акротонные ДПС с псевдомутовкой из длинных побегов. *Q. rubra* формирует чаще всего акротонные ДПС с псевдомутовкой и небольшим числом прочих боковых побегов, реже - неветвящиеся и мезотонные системы. У всех трех видов побеговые комплексы и ветви могут быть как иерархическими, так и полиархическими, при этом для ветвей *Q. robur* характерно образование изгибов. У *Q. robur* побеговое тело формирует специфическую конструкцию для каждого варианта сочетаний световых и почвенных условий, у *Q. petraea* - в условиях хорошо освещенных кальцефитных склонов, у *Q. rubra* - при сильном затенении под пологом материнского древостоя.

Таким образом, наибольшее разнообразие побеговых систем на всех уровнях строения кроны в условиях среднегорья Кисловодской котловины формирует *Q. robur*.

Comparative analysis of shoot systems in three species of genus *Quercus* in midlands of the North Caucasus near Kislovodsk

Stamenov M.N.
Institute of physico-chemical and biological problems in soil science of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia

One of the promising directions of biomorphology is the comparative analysis of shoot systems of species within a genus. Such surveys on the representatives of the phytocenotically significant genus of *Quercus* within the former USSR territory are very few in number.

The goal of our study was to analyze the organization of shoot systems in *Quercus robur, Q. petraea* and *Q. rubra* in the conditions of the Kislovodsk basin midlands and adjacent ridges on the altitudes of 830-1300 m. We studied immature, virginal and young generative individuals growing in the plateau mesophyte meadows, slope calciferous meadow steppes and steppe meadows, under the canopy and on the edges of the Crimean pine stands, under the canopy of the slope aspen stands and the plateau oakeries. We measured the values of the quantitative parameters of shoots and biennal shoot systems (BSS) and described the structural features of shoot complexes and branches. The total number of the studied individuals is 130 in *Q. robur*, 60 in *Q. petraea* and 56 in *Q. rubra*.

The set of BSS in *Q. robur* is represented by unbranched, weakly and equally branched, meso-, mesoacro- and acrotonic systems with variable length ratio between parental and daughter axes. Mesoacro- and acrotonic BSS bearing the pseudowhorls with long shoots are very characteristic of *Q. petraea*. *Q. rubra* normally produces acrotonic BSS with pseudowhorls and a small number of daughter shoots underneath, and, to a lesser extent, unbranched and mesotonic BSS. In these three species the shoot complexes and branches are both hierarchic and polyarchic, branches of *Q. robur* forming bends. *Q. robur* has a specific architecture depending on the combination of light and soil conditions. In both *Q. petraea* and *Q. rubra*, the species architecture is similar for most types of conditions, except for well-lighted calciferous slopes for *Q. petraea* and strong shading under the canopy of the parental stand for *Q. rubra*.

Thus, in the Kislovodsk basin midlands environment, *Q. robur* is characterized by a great variety of shoot systems at all levels of crown architecture.

Трансформация жизненных форм в роде *Thymus* (*Lamiaceae*) в Азии

Таловская Е.Б.
Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск, Россия
kolegova_e@mail.ru

Изучено разнообразие жизненных форм видов рода *Thymus* L. в связи с освоением природно-климатических

условий Азии. На данной территории у тимьянов формируется кустарничковая и полукустарничковая жизненные формы. В структуре взрослых особей проявляется стойкое сохранение моноподиально-симподиального типа нарастания побеговых систем во всем спектре местообитаний. Описано 3 типа биоморф. Моноцентрическая вегетативно-неподвижная биоморфа имеет широкую поясную приуроченность: от степного до альпийского пояса, где развивается на выровненных участках вершин и шлейфах гор на статичном субстрате. Неявнополицентрическая вегетативно-полуподвижная биоморфа образуется преимущественно в петрофитных вариантах степных и луговых сообществ по склонам гор разных экспозиций (в основном южной), на мелкоземистом субстрате среди выходов горных пород. Явнополицентрическая вегетативно-подвижная биоморфа формируется в разных поясах растительности Азии, в условиях подвижного субстрата и высокой фитоценотической конкуренции. Выделено два пути трансформации биоморф. При освоении условий, складывающихся на вершинах гор и на засушливых участках их подножий, трансформация биоморф от неявнополицентрической к моноцентрической идет по пути упрощения морфогенеза и преобладания ортотропных составных скелетных осей в структуре особей. При освоении подвижных субстратов, произрастании в условиях фитоценотической конкуренции или в моховом покрове по расщелинам скал неявнополицентрическая биоморфа трансформируется в явнополицентрическую за счет упрощения побеговой системы, увеличения ее окоренения и усложнения морфогенеза. Трансформация биоморф тимьянов в Азии соответствует тем же преобразованиям, которые способствовали их распространению из древнего средиземноморского центра происхождения (Гогина, 1990), и укладывается в общую тенденцию развития по пути от кустарничковой жизненной формы в полукустарничковую и травянистую.

Работа выполнена в рамках государственного задания Центрального сибирского ботанического сада СО РАН № АААА-А17-117012610053-9 и при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-04-00621-а.

Transformation of life forms in the *Thymus* (*Lamiaceae*) in Asia

Talovskaya E.B.
Central Siberian Botanical Garden of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

The research is devoted to studying the diversity life forms of the *Thymus* species in Asia. In this area the species of *Thymus* occur as dwarf subshrubs and dwarf shrubs. In the structure of adults, persistent preservation of the monopodially-sympodial type of shoot system growth over the whole range of habitats is manifested. Three types of biomorphs are described. The monocentric vegetatively-immobile biomorph has a wide belt connection, from the steppe to the alpine belt, where it develops on aligned sections of peaks and plumes of mountains on a static substratum. The implicitly polycentric vegetatively-semimobile biomorph is formed mainly in petrophytic variants of the steppe and meadow communities along the slopes of mountains of different exposures (mainly southern), on a fine-grained substrate among the rock outcrops. The explicitly polycentric vegetatively-mobile biomorph is formed in different belts of vegetation in Asia, under the conditions of mobile substratum and high phytocenotic competition. Two ways of biomorph transformation are distinguished. When mastering the conditions that are formed at the mountain tops and in the arid areas of their footstools, the transformation of biomorphs from the implicitly polycentric to the monocentric type proceeds along the path of simplification of morphogenesis and the predominance of orthotropic composite bough axes in the structure of individuals. With the development of mobile substrates and growing in the conditions of phytocenotic competition or in the moss cover over clefts of rocks, the implicitly polycentric biomorph becomes transformed into the explicitly polycentric biomorph by simplifying the shoot system, increasing its rooting and complicating the morphogenesis. The transformation of biomorphs of *Thymus* in Asia corresponds to the transformations that contributed to their spreading out from the ancient Mediterranean center of origin (Gogina, 1990), and fits into the general developmental trend proceeding from the dwarf shrub to the dwarf subshrub and the grassy life form.

The work was carried out within the framework of the State Task of the Central Siberian Botanical Garden of the Siberian Branch of the RF Academy of Sciences № AAAA-A17-117012610053-9 and with partial support by the Russian Federal Property Fund under scientific projects, Grant № 18-04-00621-a.

Структурные особенности однолетнего стебля *Betula ermanii* Cham. в условиях Южно-Сахалинского грязевого вулкана (о-в Сахалин)

Тальских А.И., Копанина А.В., Власова И.И.
Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия
anastasiya_talsk@mail.ru

Цель исследования - изучение структурных особенностей тканей коры и древесины однолетнего стебля *Betula ermanii* Cham, произрастающего в условиях Южно-Сахалинского грязевого вулкана (ЮСГВ, предгорье Южно-Камышового хребта, юг Сахалина). ЮСГВ - уникальный ландшафт, специфическими условиями которого, являются щелочность почв с содовом засолением, наличие в них редкоземельных и тяжёлых металлов. Образцы однолетних стеблей взяты на границе активного грязевого поля ЮСГВ в березово-ольхово-ивовом высокотравном лесе, а также в типичных для вида условиях в пихтово-каменноберезовом кустарниково-разнотравном лесе (Сусунайский хребет, юг Сахалина). Микросрезы стеблей толщиной 10-25 мкм выполняли на санном микротоме,

окрашивали сафранином и нильским синим и анализировали с помощью светового микроскопа.

Статистический анализ структурных показателей коры и древесины однолетнего стебля *Betula ermanii* позволил выделить зависимые от экологических условий признаки. При нормировании показателей экстремальных условий ЮСГВ ряд параметров коры и древесины отклоняются от нормы. Показатели однолетнего стебля больше нормы: ширина перидермы и феллемы, удельная площадь первичных волокон и склереид; удельное число кристаллов в основной паренхиме кортекса и паренхиме флоэмы; радиальный диаметр ситовидных трубок; длина аксиального тяжа ксилемы, число сосудов в радиальных группах и кластерах. Показатели однолетнего стебля меньше нормы: общее число и число 1-рядных флоэмных лучей на 1 мм; общий удельный объем флоэмных лучей; общее число и число 1-рядных ксилемных лучей на 1 мм ранней и поздней древесины.

Структурная реакция однолетнего стебля *Betula ermanii* на экстремальные условия ЮСГВ выражается, прежде всего, в изменении показателей вторичной флоэмы - параметры ситовидных трубок, лучевая и аксиальная паренхима. Кроме того, усиливается склерификация и увеличивается число кристаллов оксалата кальция в паренхиме коры.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 15-04-04774) и в рамках государственного задания ИМГиГ ДВО РАН.

Structural features of the annual stem of *Betula ermanii* Cham. in the conditions of Yuzhno-Sakhalinsk mud volcano (Sakhalin Island)

Talskikh A.I., Kopanina A.V., Vlasova I.I.
Institute of Marine Geology and Geophysics of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

In this study we discuss the structural features of the bark and wood tissues of the annual stem of *Betula ermanii* Cham. growing near Yuzhno-Sakhalinsk mud volcano (USMV, foothills of the South Kamysh Ridge, south of Sakhalin). USMV is a unique landscape, whose specific conditions are created by the alkalinity of soils with soda salinity and the presence of rare-earth and heavy metals. Samples of annual stems were taken at the boundary of the active mud field of USMV in the birch-alder-willow high grass forest, and also in the typical conditions of fir-stone-grass forest (Susunai ridge, the south of Sakhalin). Microslides of the stems of 10-25 microns were prepared on a sliding microtome, stained with safranin and Nile blue dye, and analyzed with a light microscope.

Statistical analysis of the structural parameters of bark and wood of the annual stem of *Betula ermanii* allowed us to identify the environmental effects. After normalizing USMV parameters, we found that a number of bark and wood parameters deviated from the normal state. The values of annual stems were higher than normal, which concerns the width of the periderm and the phellem of the unit area of the primary fibers and sclereides the unit number of crystals in the main parenchyma of the cortex and the phloem parenchyma, the radial diameter of the sieve tubes; length of axial strand parenchyma in the xylem, as well as the number of vessels in radial groups and clusters. The values of annual stem are less than the norm, which concerns the total number and the number of uniseriate phloem rays per 1 mm, the total unit volume of the phloem rays, and the total number and number of uniseriate xylem rays per 1 mm of early and late wood.

Structural reaction of the annual stem of *Betula ermanii* to the extreme conditions of USMV is expressed in changes of the secondary phloem values, including the parameters of the sieve tubes, the ray and axial parenchyma. In addition, the sclerification and the number of crystals of calcium oxalate in the parenchyma of the bark increases.

This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research (Grant No. 15-04-04774) and within the State Assignment of the IMGG Far East Division, Russian Academy of Sciences.

Некоторые особенности побегов и побеговых систем *Ulmus glabra* Huds.

Телевинова М.С., Антонова И.С., Барт В.А.
Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
st050023@student.spbu.ru; ulmaceae@mail.ru; vbartvit@mail.ru

Модульный подход в изучении пространственно-временных свойств крон древесных растений предполагает проведение сравнительного анализа структурных элементов разного уровня с учетом их вариабельности. Основными единицами, использованными в работе, являются побег и двулетняя побеговая система (ДПС). Материалами для статистической обработки стали выборки ДПС от естественно возобновляющихся виргинильных особей *U. glabra*, произрастающих в разных климатических условиях (окна в лесостепной дубраве Белгородской области (выборки В1 и В2) и опушка средней тайги Ленинградской области (выборка В3)). Основными признаками являлись длины междоузлий и побегов, а также количество листовых органов разного типа.

Материнские побеги ДПС с опушки (В3) значимо превышают таковые из дубравы (В1 и В2). Основные (В1) и ростовые (В2) ДПС дубравы значимо отличаются между собой.

По длине материнского побега ДПС все три выборки значимо попарно отличаются друг от друга. По признакам длины наибольшего бокового побега и отношению ее к длине материнского, характеризующим саму ДПС, различие наблюдаются только между выборками ДПС разного типа.

Длины первых трех (от дистального конца) боковых побегов ДПС из В3 не вышли за пределы соответствующих 95%-ных доверительных интервалов значений В2.

Исследование почечных чешуй и катафилов выборочным обсчетом почек побегов и по листовым следам в почечных кольцах у ДПС В3 показало, что их количество строго закреплено для каждого побега. В процессе изучения структуры почек были выявлены катафилы с ранее неописанным строением и прослежено развитие таких катафилов из листовых примордиев.

Some special faetures of *Ulmus glabra* Huds. shoots and shoot systems

Televinova M.S., Antonova I.S., Bart V.A.
St. Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

The modular approach to the study of spatiotemporal properties of tree crowns involves a comparative analysis of structural elements of different levels, with account taken of their variability. The main units used in the work are shoots and biennial shoot systems (BSSs). As objects for statistical processing, two samples of BSS were taken from naturally renewable virgin individuals *U. glabra*, growing in different climatic conditions (windows of forest-steppe oak forest of Belgorod region (samples S1, S2) and the edge of middle taiga of Leningrad region (sample S3)). The main variables included the lengths of the internodes and shoots, as well as the number of leaf organs of different types.

Maternal shoots of BSS from the forest edge (S3) significantly exceeded those from the oak forest (S1 and S2). The BSSs of the basic (S1) and growth (S2) types from oak forest differed significantly from each other.

All the three samples, pair-wise, differ significantly by length of BBS maternal shoot. By the length of the longest lateral shoot and by its ratio to the length of the maternal one, which characterizes the BSS proper, the difference is observed only between the BBS samples of different types.

The lengths of the first three BBS lateral shoots (from distal end) from S3 did not get beyond the limits of the corresponding 95% confidence intervals of S2 values.

Examination of buds scales and cataphylls using selective counting of buds in shoots and by the leaf traces in BBS bud rings from S3 showed that their number is strictly fixed for each shoot. While studying the structure of buds, the cataphylls with previously undescribed structure were identified and the development of such cataphylls of leaf primordium was traced.

К морфологическим особенностям страусника обыкновенного (*Matteuccia struthiopteris* (L.) Tod.)

Тонкошкуров Д.В.
Тверской государственный университет, Тверь, Россия
danil_tonkoshkurov@mail.ru

Страусник обыкновенный (*Matteuccia struthiopteris* (L.) Tod.) - популярное декоративное растение. Жизненную форму страусника, по аналогии с покрытосеменными, можно определить как коротко-длиннокорневищную, моноподиально-розеточную с гипо-эпигеогенным корневищем. Развитие взрослого растения начинается с удлиненного гипогеогенного корневища, густо покрытого катафиллами. В литературе эти побеги часто называются столонами, отбегами либо столоновидными корневищами (Романова и др., 2004; Храпко, 2010; Гуреева, 2014). По нашему мнению, их следует считать настоящими гипогеогенными корневищами, учитывая, прежде всего, их интенсивное укоренение и многолетность. Некоторые авторы в доказательство применимости термина «столон» или «столоновидное корневище» говорят о небольшой толщине и большой длине корневищ страусника. Однако главным критерием столонов является наличие длинных тонких междоузлий, а не общая длина побега. Столоны, как правило, слабо укореняются либо не укореняются совсем, укоренение идёт перед образованием надземного побега, в то время как у страусника в пределах одного метамера (междоузлие - узел) образуется в среднем четыре корня на протяжении всей длины корневища. Интересно отметить, что в розеточной части побега придаточные корни формируются в основании филлоподиев, а на корневище они закладываются и в основании катафиллов, и на стеблевой части. Учитывая общее число корней и их разветвленность, корневую систему страусника можно считать интенсивной. По нашему мнению, заложение корневищ связано с трофофиллами, но не является пазушным. Число, длина и диаметр корневищ зависят от условий произрастания и от возраста материнского растения. Необходимо также отметить, что ползучие корневища в свою очередь могут ветвиться. Это обеспечивает быстрое разрастание, что имеет значение при выращивании в культуре.

On characteristic morphological characters of ostrich fern (*Matteuccia struthiopteris* (L.) Tod.)

Tonkoshkurov D.V.
Tver State University, Tver, Russia

Matteuccia struthiopteris (L.) Tod. (*Onocleaceae*) is a fairly popular decorative plant. The life form of the ostrich fern like the life forms of the angiospermous plants can be described as a short-long-rhizomatous, monopodial-rosellate with hypoepigeogenic rhizome. The plant's development begins from a long hypogeogenic rhizome thickly covered with cataphylls. These shoots are often called «stolons», «otbegs» or «stolon-like rhizomes» in the literature. In our opinion they should be considered as true hypogeogenic rhizomes because they are intensive-rooted and perennial. As a proof of the applicability of the term «stolon» or «stolon-like rhizome» some authors refer to the small thickness and big length of the ostrich fern rhizomes. But the main character of stolons is the presence of long thin internodes, but not overall length of the

shoot. As a rule, the stolon root has a weak root or no root at all; the rooting proceed before the formation of the elevated shoot. The ostrich fern has on the average four roots within one metamer (internode node) over the whole length of the rhizome. Notably, the additional roots are formed at the base of the phyllopodium on the rosellate part, but on the pedicellate part of the rhizome, they are formed form at the base of the cataphylle part. Considering the number of the roots and their branching, the ostrich fern root system can be called intensive. In our opinion, the initiation of the rhizomes is due to the trophophylls, and is not axillary. The number, length and diameter of the rhizomes depend of the vegetation conditions and the age of the parental plant. Notably, the plagiotropical rhizomes can branch. This provides quick overgrowth, which is of importance when the ostrich fern grows in the culture.

Особенности анатомического строения представителей рода *Equisetum* L. (*Equisetaceae*)

Феоктистов Д.С., Улько Д.О.
Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия
feoktistovdmitriy@gmail.com, ulko.den@gmail.com

Хвощи являются одной из древнейших групп высших сосудистых растений. При небольшом разнообразии морфологических признаков характерных для рода *Equisetum*, большинство видов хвощей характеризуется высокой морфологической изменчивостью. При этом находятся образцы, у которых эти признаки имеют промежуточное состояние между парами видов. Эти образцы описывались разными ботаниками как разновидности, виды или гибриды.

Для построения системы рода *Equisetum* L., наряду с морфологическими признаками, используются и анатомические признаки, поскольку они обладают меньшим полиморфизмом по сравнению с морфологическими. Анатомические признаки хвощей неоднократно изучались. Наиболее важными для характеристики видов являются признаки, выявляемые на поперечных срезах междоузлий стеблей хвощей. Поэтому мы решили изучить анатомическое строение поперечных срезов представителей рода *Equisetum* территории Урала и Сибири. Для исследования были отобраны образцы 9 видов из 2 подродов, и 5 гибридов из различных местообитаний. Срезы выполнялись в средней части стебля с использованием ротационного микротома. Поперечный срез волнистый из-за чередующихся ребер и бороздок. Снаружи находится эпидермис, за ним следуют кора, стела с кольцом сосудистых пучков и центральная полость. Внешняя кора состоит из клеток механической ткани и хлоренхимы. Механическая ткань лежит непосредственно под эпидермисом и по положению на срезе делится на 2 основных типа: валлекулярная колленхима, расположенная под бороздками, и каринальная колленхима, расположенная под ребрами (Hauke, 1963). Под ребрами механическая ткань многослойная, в области бороздок состоит из 1–2 слоев. За механической тканью по направлению к центру располагаются участки хлоренхимы. Внутренняя кора состоит из тонкостенных клеток основной паренхимы, в которой под бороздками расположены валлекулярные полости.

Наиболее видоспецефичными признаками (позволяющие отличить виды и гибриды внутри подрода) для подрода *Equisetum* являются: форма ребра на поперечном срезе (в профиль), наличие кремнеземных шипиков, размеры валлекулярных полостей, положение и размер механической ткани под ребрами, а также соотношение размеров валлекулярных полостей и центральной полости. Для видов из подрода *Hippochaete* видоспецефичными признаками являются: число ребер и форма ребра на поперечном срезе, очертание механической ткани, наличие кремнеземных бугорков.

Исследования поддержаны грантом РФФИ № 16-04-00513.

Anatomical features of members of *Equisetum* L. (*Equisetaceae*)

Feoktistov D.S., Ulko D.O.
National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

Horsetails are one of the most ancient groups of higher vascular plants. With a small variety of characteristic morphological features of the genus *Equisetum*, most species of horsetails are characterized by high morphological variability. Samples occur that have intermediate features between two adjacent species. These samples were described by different botanists as varieties, species or hybrids. All this has inspired a steady interest of botanists towards this group of plants for a long time.

In order to construct the system of the genus *Equisetum* L., the anatomical features are used along with the morphological ones. The anatomical features have less polymorphism than the morphological ones. Anatomical features of horsetails were studied by both Russian and foreign scientists, but these studies do not always agree even in terms. The most important for the characterization of species are the features that were revealed on horsetail stems internode cross-sections. Therefore, we decided to study the anatomical structure of the genus Equisetum cross-sections from the Urals and Siberia. Samples of 9 species from 2 subgenera, and 5 hybrids from different habitats were selected for the study. Cross-sections were performed in the middle part of the stem using a rotary microtome. Cross-sections are wavy due to alternating ribs and grooves. The surface of the cross-sections is covered with epidermis, followed by the cortex, and further stela with rings of vascular bundles and the central cavity. The outer cortex consists of cells of mechanical tissue and chlorenchyma. The mechanical tissue lies directly beneath the epidermis and is divided into two main types according to the position on the cut: the vallecular collenchyma located under the furrows, and the carinal collenchyma located under the ribs (Hauke, 1963). Under the ribs, the mechanical tissue is multilayered, in the groove area it consists of 1-2 layers.

Behind the mechanical tissue in the direction to the center are the sections of chlorenchyma. The inner cortex consists of thin-walled cells of the parenchyma, in which the vallecular cavities are located under the grooves.

The most species-specific features (which make it possible to distinguish species and hybrids within the subgenus) for the subgenus Equisetum include the shape of the rib on the transverse section (in the profile), the presence of silica spinules, the size of the vallecular cavities, the position and size of the mechanical tissue under the ribs, and the ratio of the sizes of the vallecular cavities and the central cavity. The most species-specific features in the subgenus *Hippochaete* is the number of ribs and the shape of the rib on the transverse section, the outline of the mechanical tissue, and the presence of siliceous tubercles.

Supported by RFBR No 16-04-00513.

Структура годичных приростов у сеянцев представителей рода *Chamaecyparis Spach*.

Фролова А.В., Матюхин Д.Л.
Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева, Москва, Россия
Aleks-Sanechka@mail.ru

Кипарисовик – ценная культура, приобретающая всё большую популярность в озеленении. Изучение структуры и формирования кроны позволит моделировать облик взрослого растения, что не маловажно для применения данных культур в озеленении и ландшафтном дизайне.

Для изучения структуры приростов сеянцев были произведены посевы семян следующих представителей рода *Chamaecyparis*: *Chamaecyparis lawsoniana* (A. Murr.) Parl. типовой формы и двух культивируемых форм, *Chamaecyparis pisifera* 'Plumosa Aurea', *Chamaecyparis obtusa* (Siebold & Zucc) Endl. Семена были взяты с маточников Дендрологического сада имени Р.И. Шредера, то есть семена получены в результате свободного опыления, поэтому при проращивании семян культивируемых форм наблюдалось расщепления по определяющим форму признакам. В ходе наблюдений за развитием сеянцев была описана структура и величина приростов, отмечена всхожесть семян.

Описания структуры выполнены с использованием понятия «система элементарных моноритмических побегов (СЭМП)». Порядок ветвления той системы побегов, которая образуется за один период внепочечного роста, является важной характеристикой СЭМП. В возрасте 7 месяцев у сеянцев система элементарных моноритмических побегов разветвлена уже до 3 (иногда 4) порядка, что говорит о достаточно быстром начале формирования кроны.

Максимальный прирост показали культивируемые формы *Ch. lawsoniana*, средний прирост главного побега составил 15,2 см, наименьшим приростов отличается форма *Ch. pisifera* 'Plumosa Aurea', средний прирост главного побега составил 7,6 см. Ветвление у сеянцев начинается с 5-7 узла. Листорасположение характерное для кипарисовых – в мутовке по 4.

У сеянцев уже проявились признаки форм: окраска и форма хвои. Так, у формы *Ch. pisifera* 'Plumosa Aurea' можно наблюдать золотистый цвет хвои на концах побегов 2 и 3 порядка. У *Ch. lawsoniana* также проявляется форма и расположение хвоинок характерные для вида.

Annual growth structure of the *Chamaecyparis* Spach seedlings

Frolova A.V., Matyukhin D.L.
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

Chamaecyparis is a valuable culture, which is gaining increasing popularity in landscaping. The study of the structure and formation of the crown will simulate the appearance of the mature plant, which is quite important for the use of these plants in gardening and landscaping.

To study the structure of growth of seedlings, the seed crops were obtained of *Chamaecyparis lawsoniana* model forms and two cultivated forms, *Chamaecyparis pisifera* 'Plumosa Aurea', *Chamaecyparis obtusa*. The seeds were collected from Dendrological garden named I. R. Schrader, i.e. the seeds obtained as a result of free pollination, so at germination of the cultivated form seeds, they were observed to split in accordance with the chracteristics determining the for. In the course of observations of the development of seedlings, the structure and size of increments marking seed germination were described.

To describe the structure, we use the concept of a system of elementary monorhytmical shoots (SEMS). An important characteristic of SEMS is the order of branching of the system shoots, which is formed during one period of extrarenal growth. At the age of 7 months, the seedlings of the system of elementary monorhytmical shoots already branched out to 3 (sometimes 4) of the order, indicating a fairly rapid beginning of crown formation.

Maximum growth was shown by the cultivated forms of *Ch. Lawsoniana*, where the average increase of the main shoot was 15.2 cm, with the smallest increment shown by different forms of *Ch. pisifera* 'Plumosa Aurea'. The average growth of the main shoot was 7.6 cm. The branching of the seedlings begins with a 5-7 knot.

The seedlings already manifest their form characters, including the color and shape of the needles. Thus, in the form *Chamaecyparis pisifera* 'Plumosa Aurea', the golden color of pine needles can be observed on the ends of the 2nd and 3d order shoots. Also *Ch. lawsoniana* manifests the shape and location of the needles characteristic of the species.

Особенности анатомии стебля геофильного участка монокарпического побега *Petasites spurius* (Retz.) Reichenb.

Шаклеина М.Н.
Вятский государственный университет, Киров, Россия
mariyashakleina@mail.ru

Изучено анатомическое строение стебля геофильного участка побега *Petasites spurius* (Retz.) Reichenb. на разных этапах его развития. Для этого выполнены срезы стебля монокарпического побега в зоне возобновления и нижней зоне торможения в первый и второй год его развития. Для лучшего микроскопирования проводили окрашивание по методу Мейле. Анализировали срезы с использованием микроскопа Motic BA300, замеряли структуры с использованием программного обеспечения, разработанного научным сотрудником лаборатории биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН, канд. техн. наук Г.Я. Кантором. Статистическую обработку данных проводили с использованием программы STATISTICA.

Основные возрастные изменения происходят в центральном цилиндре. Проводящие пучки молодых участков (плагиоторпная часть геофильного участка в зоне возобновления) высотой 255,8±64 мкм, с расстоянием межу ними 142,5±42,8 мкм. Их проводящие ткани первичные. В состав ксилемы входит 3±1 сосуда с диаметром 23,8±6,1 мкм и древесинная паренхима. Флоэма представлена ситовидными трубками и лубяной паренхимой, клеток спутниц нет. В нижней зоне торможения в первый год развития побега уже имеются типичные проводящие пучки высотой 360,0±26 мкм со склеренхимной обкладкой на их внутренних участках. Расстояние между ними 104,5±19,4 мкм. В ксилеме увеличивается число сосудов по сравнению с молодыми участками (8±1) и их диаметр – 45,0±7,6 мкм. Из межпучкового камбия начинают формироваться добавочные проводящие пучки. На второй год развития в этой части монокарпического побега высота проводящих пучков увеличивается до 751,9±102,9 мкм, расстояние между ними сокращается в среднем до 85,6±29,3 мкм. В составе ксилемы увеличивается число сосудов до 28±8 шт., а их диаметр до 69,2±14,6 мкм. Склеренхимная обкладка формируется как под проводящими элементами ксилемы, так и над флоэмой.

Вышесказанное подтверждает правомочность отнесения *P. spurius* к малолетникам вегетативного происхождения.

Peculiarities of the stem anatomy of the geophilous part of the monocarpic shoot *Petasites spurius* (Retz.) Reichenb.

Shakleina M.N.
Vyatka State University, Kirov, Russia

The stem anatomical structure of the geophilous part of the *Petasites spurius* (Retz.) Reichenb shoot was studied at different stages of its development. For this purpose, sections were made of the monocarpic shoot stem in the regeneration zone and the lower inhibition zone in the first and second years of its development. Meile's staining was used for better microscopy. The sections were analyzed with the Motic BA300 microscope, the structures were measured using the software developed by G.Ya.Kantor, researcher at the biomonitoring laboratory of the Institute of Biology of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Statistical processing of the data was performed using STATISTICA software.

Major age changes occur in the central cylinder. The conducting bundles of young parts (plagiotropic area of the geophysical part in the regeneration zone) are 255.8±64 μm in height, with a distance of 142.5±42.8 μm between them. Their conducting tissues are primary. The xylem includes 3±1 vessels with a diameter of 23.8±6.1 μm and the wood parenchyma. The phloem is represented by sieve tubes and phloem parenchyma, with no companion cells. In the lower inhibition zone, in the first year of stem development, typical conducting bundles can already be obseerved of 360.0±26 μm in height with a sclerenchyme sheath on their internal parts. The distance between them is 104.5±19.4 μm. The number of vessels in the xylem increases compared to the young parts (8±1) and their diameter is 45.0±7.6 μm. Additional conducting bundles begin to form from the interfascicular cambium. In the second year of the development in this part of the monocarpic shoot, the height of the conducting bundles increases to 751.9±102.9 μm, while the distance between them decreases to 85.6±29.3 μm on the average. In the xylem, the number of vessels increases up to 28±8, and their diameter up to 69.2±14.6 μm. The sclerenchymal sheath is formed both under the xylem conductive elements and over the phloem.

All the observations above confirm the validity of the attributing *P. spurius* to short-lived plants of vegetative origin.

Морфологическая изменчивость *Brachypodium pinnatum* (L.) Beauv. на территории Сибири

Шипоша В.Д.[1,2], Олонова М.В.[2], Каталан П.[1,2], Маркес И.[1], Агафонов А.В.[3]
[1]Университет Сарагосы, Сарагоса, Испания;
[2]Томский государственный университет, Томск, Россия;
[3]Центральный Сибирский Ботанический сад СО РАН, Новосибирск, Россия
lera.forester@mail.ru

Род *Brachypodium* P. Beauv. - один из наиболее примитивных родов злаков, повсеместно распространен в умеренной зоне. Исследования в основном сконцентрированы на *Brachypodium distachyon* (2n = 10), признанного модельным для злаков, а также на эволюционных отношениях близкородственного *B. stacei* (2n = 20) и их

предположительного гибрида, аллотетраплоида *B. hybridum* (2n = 30).

На территории Сибири произрастают два вида этого рода: *B. pinnatum* (L.) Beauv. и *B. sylvaticum* (Hudson) Beauv., ареал которых охватывает почти всю умеренную зону Евразии. В Сибири *B. sylvaticum* встречается значительно реже и является реликтом третичной неморальной флоры. Другой вид более обычен и представлен в природе следующими хромосомными расами - диплоидной (2n=16 и 18) и тетраплоидной (2n=28). В связи с этим, целью данной работы было выявление признаков, которые помогут различать эти расы в природе. Для выявления морфологической дивергенции было отобрано 138 особей из 46 популяций. Для анализа был выбран 31количественный и 21 качественный признак.

В ходе сравнение средних величин отдельных морфологических признаков была выявлена существенная неоднородность материала, вместе с тем, явной дивергенции между исследованными популяциями не наблюдается. Исследования сибирских популяций показали удовлетворительную, но не полную их дифференциацию по морфологическим признакам.

Для более точного разграничения диплоидных и тетраплоидных рас *B. pinnatum* необходимо продолжение исследований с привлечением дополнительных признаков.

Исследования поддержаны грантами РФФИ № 17-34-50163, 16-04-01605.

Morphological variability of *Brachypodium pinnatum* (L.) Beauv. in the territory of Siberia

Shiposha V.D.[1,2], Olonova M.V.[2], Catalan P.[1,2], Marques I.[1], Agafonov A.V.[3]
[1]University of Zaragoza, Zaragoza, Spain;
[2]Tomsk State University, Tomsk, Russia;
[3]Central Siberian Botanical Garden of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

Brachypodium P. Beauv. is one of the initial genera of grasses, which is common in the temperate zone. So far, research has mainly been concentrated on *Brachypodium distachyon* (2n = 10), recognized as a model for grasses, as well as the evolutionary relations of the closely related *B. stacei* (2n = 20) and their hybrid, allotetraploid *B. hybridum* (2n = 30).

Two species of this genus grow in Siberia: *B. pinnatum* (L.) Beauv. and *B. sylvaticum* (Hudson) Beauv., which cover almost the entire temperate zone of Eurasia. In the territory of Siberia, *B. sylvaticum* is less common and is known as a relic of the Tertiary nemoral flora. Another species is more common and is presented in nature by several chromosomal races - diploid (2n = 16 and 18) and tetraploid (2n = 28), and this is of interest for research. The purpose of this work was to identify the characters that could help to distinguish these races in nature. We involved 138 individuals from 46 populations, and 31 quantitative and 21 qualitative characters in the morphological analysis.

In the course of comparison of the average values of individual morphological features, significant heterogeneity of the material was revealed. However, there was no obvious divergence between the studied populations. In addition, research of Siberian populations showed a satisfactory, but not complete differentiation of populations according to their morphological characters.

To confirm the morphological differentiation and delineation of *B. pinnatum* kariological races it is necessary to continue the studies and use additional sets of characters.

The study has been funded by the RFBR grant No. 17-34-50163 and 16-04-01605.

Особенности анатомического строения придаточных корней *Bidens tripartita* L.

Шулева Е.А., Шабалкина С.В.
Вятский государственный университет, Киров, Россия
lizachka535@yandex.ru

Изучение внутреннего строения придаточных корней *Bidens tripartita* L. направлено на выявление адаптаций особей к условиям среды. Материал собран в поручейницево-полевицево-камышовой и крапивовой ассоциациях (подзона хвойно-широколиственных лесов Кировской области). Выполнены поперечные срезы, изучены под микроскопом Motic BA 300 со встроенной цифровой камерой, в 10-ти кратной повторности измерены линейные размеры структур при помощи программы, разработанной Г.Я. Кантором.

В первичном строении корня выделяются первичная кора и стела. Мезодерма составляет основной объем органа, образована рыхло расположенными паренхимными клетками диаметром от 35 до 65 мкм с крупными межклетниками. К концу вегетационного сезона первичное строение сменяется вторичным. Несмотря на это, остатки первичной коры сохраняются до конца жизни особи.

Размеры структур в корнях вторичного строения у растений из крапивовой ассоциации отличаются от соответствующих структур из поручейницево-полевицево-камышовой ассоциации: меньше длина и ширина клеток феллемы - 40,8±6,2*9,7±4,8 мкм и 41,6±7,7*13,8±5,1 мкм соответственно; почти в два раза меньше диаметр сосудов - 22,1±2,5 мкм и 43,9±8,6 мкм; меньше общее число проводящих элементов ксилемы; меньше длина и ширина клеток сердцевинного луча - 25,3±4,2*10,6±3,1 мкм и 26,1±5,7*11,3±2,2 мкм; меньше размеры ситовидных трубок - 7,1±3,08 мкм и 8,1±2,5 мкм. Это обусловлено расположением крапивовой ассоциации на почвах с довольно высоким застойным увлажнением, в которой корневая система и основание побегов *B. tripartita* расположены в воде. Кроме того, в стеле преобладают волокна либриформа над проводящими элементами, что обеспечивает поддержание побеговой системы больших размеров.

Исследование выполнено при поддержке РФФИ (проект № 16-04-01073).

Anatomical structure characters of accessory roots of *Bidens tripartita* L.

Shuleva E.A., Shabalkina S.V.
Vyatka State University, Kirov, Russia

The study of the internal structure of the accessory roots of *Bidens tripartita* L. is aimed at identifying adaptations of individuals to environmental conditions. The material was harvested in the *Catabrosetum aquaticae-Agrostetum stoloniferae-Scirpetum sylvaticus* and *Urticetum dioicae* associations (the subzone of coniferous-broad-leaved forests of the Kirov region). Cross sections were made, studied under a Motic BA 300 microscope with an integrated digital camera, linear dimensions of structures were measured in tenfold replicaion using the program, developed by G.Ya. Kantor.

In the primary structure of the root, the primary cortex and the stela are distinguished. The mesoderm constitutes the main volume of the organ, formed by loose parenchymal cells with a diameter of 35 to 65 μm with large intercellular spaces. By the end of the growing season, the primary structure is replaced by the secondary one. Despite this, the remnants of the primary cortex remain until the end of life of the individual.

The sizes of the structures in the roots of the secondary structure in the plants from the Urticetum dioicae association differ from the corresponding structures from the *Catabrosetum aquaticae–Agrostetum stoloniferae–Scirpetum sylvaticus* association: they have smaller length and width of phellema cells (40.8 ± 6.2 * 9.7 ± 4.8 μm and 41.6 ± 7.7 * 13.8 ± 5.1 μm, respectively), their vessel diameter is half smaller (22.1 ± 2.5 μm and 43.9 ± 8.6 μm), they have smaller number of conductive xylem elements, smaller length and width of the core ray cells (25.3± 4.2 * 10.6 ± 3.1 μm and 26.1 ± 5.7 * 11.3 ± 2.2 μm), and smaller size of sieve tubes (7.1 ± 3.08 μm and 8.1 ± 2.5 μm). This is due to the arrangement of the *Urticetum dioicae* association on soils with a rather high stagnant moistening, where the root system and the base of the shoots of *B. tripartita* are located in the water. In addition, libriform fibers predominate over the conductive elements in the stele, which ensures the maintenance of a large-sized shoot system.

The study was carried out with the support of the Russian Foundation for Basic Research (Project No. 16-04-01073).

БОТАНИЧЕСКОЕ РЕСУРСОВЕДЕНИЕ

Картография в ботаническом ресурсоведении: результаты и перспективы

Созинов О.В.[1], Груммо Д.Г.[2]
[1] Гродненский государственный университет им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь;
[2] Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси, Минск, Беларусь;
[1] *ledum@list.ru*, [2] *zm.hrumo@gmail.com*

Современное ботаническое ресурсоведение невозможно представить без составления тематических карт, которые дают представление о размещении и концентрации запасов определенных видов сырья на конкретных территориях. Такие тематические карты дают представление не только о площадном размещении ресурсных участков, но и содержат обобщенные количественные показатели урожайности, по которым легко могут быть рассчитаны запасы растительного сырья.

Ресурсоведческое картографирование в любом масштабе проводится по принципам геоботанического картирования, поэтому и карты растительных ресурсов относят к специализированным геоботаническим картам. В ресурсоведческих картах выдела растительности интерпретируется как участки с запасом того или иного вида сырья. Картирование запасов растительного сырья является завершающим этапом при изучении растительных ресурсов.

В современных условиях инвентаризация и картирование биологических ресурсов осуществляется с использованием дистанционных методов и геоинформационных систем (ГИС). Создание ГИС объединяет два классических методических подхода учета запасов сырья – оценка запасов на конкретных зарослях и определение запасов методом ключевых участков, что увеличивает надежность и точность результатов ресурсоведческих работ. Применение новых информационных технологий позволяет достаточно точно и оперативно устанавливать места приоритетной заготовки растительного сырья (ягодники, лекарственное и техническое сырье), степень их доступности, определять оценку (в т.ч. и стоимостную) их состояния, а также создавать крупномасштабные ресурсные карты с целью информирования пользователей. Ориентируясь на опыт коллег Западной и Центральной Европы, России, Казахстана мы прогнозируем, что ресурсоведческие исследования в Беларуси с использованием дистанционных методов перспектива ближайших 10–15 лет.

В наших исследованиях создавались крупномасштабные тематические карты оценки ресурсного потенциала с использованием данных зондирования земли (ДЗЗ) и на платформе ГИС. Наши исследования в области ресурсоведения не носили системный характер и были направлены, прежде всего, на решение конкретных прикладных задач. Успешность развития данного направления прикладного тематического картографирования в настоящее время очень зависит от наличия достоверной наземной информации. Для составления ресурсоведческих карт необходим фактический материал по плотности запаса сырья и приуроченности ресурсных участков к различным типам растительных сообществ. Такой информации, как правило, крайне недостаточно для начала широкомасштабной инвентаризации и картирования растительных ресурсов страны. Вместе с тем в ходе исследований на примере ряда модельных видов нами отработаны все этапы технологической цепочки составления ресурсоведческих карт и данный алгоритм при наличии адекватной наземной информации может быть использован для учета любого хозяйственно-ценного объекта растительного мира.

В качестве модельных видов нами выбраны хозяйственно-полезные растения болот. Этот выбор основан на том, что, во-первых, ресурсы болотной растительности являются наиболее слабо изученными, во-вторых, болота являются труднодоступными для проведения полномасштабных наземных исследований и, в-третьих, «скрытый» экономический потенциал растительных ресурсов болот значителен. По имеющимся данным на верховых болотах Беларуси сконцентрировано около 56 % ресурсов дикорастущих ягодников. Специальными исследованиями установлено, что использование этих естественных ресурсов является наиболее экономически целесообразным при хозяйственной эксплуатации болот.

Нами разработан и апробирован алгоритм ресурсного картографирования хозяйственно-полезных видов растений (состоящий из 9 этапов) с применением дистанционных и наземных методов на отдельных болотных массивах, а также в пределах административных и геоботанических районов.

Нами созданы ресурсные карты по багульнику (*Ledum palustre* L.), сабельнику (*Comarum palustre* L.), вахте (*Menyanthes trifoliata* L.), клюкве (*Oxycoccus palustris* Pers.), а также для оценки общей эксплуатационной фитомассы для болотного растениеводства в масштабе от отдельных болот до особо охраняемых природных территорий (заказников) и административных районов.

Результаты исследований позволяют использовать предложенную методику для оперативной оценки ресурснозначимых биотопов. Одним из важнейших преимуществ данной технологии на основе применения ГИС-технологий является низкая себестоимость работ по затратам при относительно высокой точности оценки ресурсов на большой площади. При наличии полевых материалов по урожайности видов растений с ключевых участков при репрезентативной выборке (не менее 10 % от всего полигона исследования) времязатраты по ресурсной оценке большой территории (например, Дисненский геоботанический район площадью 4,5 тыс. км^2) занимают 3–4 рабочих дня.

В ресурсоведческих исследованиях (особенно при решении задач при ограниченном объеме финансирования) инвентаризация и картирование растительных ресурсов базируется на материалах базового лесоустройства. В силу ряда причин (прежде всего точности лесной таксации) такие оценки не в полном мере отражают весь ресурсный потенциал, однако в первом приближении позволяют дать качественную и

количественную оценку лесным ресурсам. В таких исследованиях главный объект характеристики – лесной биогеоценоз, границы которого условно совпадают с границами таксационного выдела.

При оценке древесных ресурсов основополагающими для выявления и оценки ресурсного потенциала являются показатели продуктивности древостоя: запас, запас к возрасту рубки, среднегодовой прирост, класс бонитета, запас надземной биомассы. На основании этих показателей составляются карты древесных ресурсов различной сюжетной нагрузки.

С использованием стандартных таксационных показателей (тип леса, тип лесорастительных условий, полнота, возраст древостоев) и данных о состоянии популяции ресурсного объекта (проективное покрытие, возраст зарослей) возможен расчет и построение тематических карт запасов ягод, лекарственного и технического сырья. Для расчета запаса для каждого типа леса (типов лесорастительных условий) по проективному покрытию ресурсного вида через переводные коэффициенты вычисляли запасы того или иного сырья. Необходимые коэффициенты указаны в нормативно-справочных таблицах, составленных на основе многолетних исследований недревесных ресурсов и материалов выборочной инвентаризации ресурсов лекарственных растений. Затем базу данных (*.xls) увязывали с векторным слоем базового лесоустройства и осуществляли построение тематических карт, а также производили оценку запасов растительного сырья. В таком формате мы создали картографический материал по дикорастущим ягодникам, а также по запасам древесных ресурсов, в рамках разработки плана управления республиканского заказника «Красный Бор» (Россонский район Беларуси).

Таким образом, на основе собственного опыта и анализа современных данных по использованию информационных технологий в ботаническом ресурсоведении и смежных науках, основными направлениями использования информационных технологий в ресурсоведении будут:

1. Создание и внедрение в практику геоинформационных технологий на уровне региона или страны (ГИС «Ресурсы ягодников», «Ресурсы лекарственных растений», etc.) с прогнозными возможностями на основе данных по векторам сукцессий, планам лесо(земле)пользования, гидрологическому режиму и прогнозам метеоусловий;
2. Ресурсное районирование территории по стенотопным видам ресурсных растений на основе ландшафтного принципа;
3. Детальное дешифрирование аэрофото- и космоснимков на предмет выявления таксационных показателей биотопов – индикаторов удельного запаса лекарственных и других хозяйственно-полезных растений;
4. Разработка новых и использование специализированных вегетационных индексов, получаемых с космоснимков (и аэроснимков), для дифференцированного определения количества и качества растительного сырья;
5. Создание и внедрение в практику новых технологических решений по оценке площади и ресурсной биомассы отдельных популяций растений, в первую очередь, находящихся в нижних ярусах лесных фитоценозов (использование беспилотных летательных аппаратов и лидаров).

Таким образом, модернизация классического в ресурсоведении метода ключевых участков новыми информационными технологиями позволяет повысить оперативность и результативность оценки запасов хозяйственно-полезного сырья на территориях различного масштаба с выходом на устойчивое управление растительными ресурсами регионов.

Cartography in Botanical Resource Management: results and perspective

Sozinov O.V.[1], Grummo D.G.[2]
[1] Yanka Kupala Grodno State University, Grodno, Belarus;
[2] V.F. Kuprevich Institute of Experimental Botany Belarus National Academy of Sciences, Minsk, Belarus

Modern botanical resource research cannot be imagined without drawing up thematic maps that give an idea of distribution and concentration of certain types of raw materials in specific areas. Such thematic maps not only give an idea of the area of resource sites, but also contain generalized quantitative yield indicators, according to which the stocks of plant raw materials can be easily calculated.

Resource-based mapping at any scale is carried out according to the principles of geobotanical mapping, and therefore maps of plant resources are referred to specialized geobotanical maps. In the resource maps, the vegetation segment is interpreted as areas with a stock of one or another type of raw material. Mapping stocks of plant raw materials is the final stage in the study of plant resources.

In modern conditions, inventory and mapping of biological resources is carried out using remote methods and geoinformation systems (GIS). The creation of the GIS combines two classical methodical approaches to the accounting of raw material reserves – the estimation of reserves on specific thickets and the determination of reserves by the key section method, which increases the reliability and accuracy of the results of resource studies. The useage of new information technologies allows to establish accurately and quickly the places of priority harvesting of plant raw materials (berries, medicinal and technical raw materials), the degree of their accessibility, to determine the assessment (including the value) of their condition, and also to create large-scale resource maps for the users informing purpose. Focusing on the experience of our colleagues in Western and Central Europe, Russia, Kazakhstan, we predict that resource research in Belarus using remote methods is the prospect of the next 10–15 years.

In our studies, large-scale thematic maps for estimating the resource potential were developed using the data of earth sensing (ERS) and using the GIS platform. Our studies in the resource research field were not systemic in nature and were aimed, first of all, on the solution of specific applied problems. The success of this direction of applied thematic mapping at present is very dependent on the reliable ground information availability. For the compilation of resource maps, it is

necessary to have actual data on the density of the stock of raw materials and the timing of resource sites for different types of plant communities. Such information, as a rule, is not enough to start a large-scale inventory and the country's plant resources mapping. At the same time, in the course of research on the example of a number of model species, we have worked out all the stages of the technological chain of resource maps compilation and this algorithm, if adequate ground information is available, can be used to account for any economically valuable object of the plant world.

We have selected economically useful bog plants as model species. This choice is based on the fact that, firstly, the resources of marsh vegetation are the poorest studied, and secondly, bogs are difficult to access for full-scale ground-based research and, thirdly, the «hidden» economic potential of bogs plant resources is significant. According to available data, about 56 % of the resources of wild berries are concentrated on the Belarus upland moors. Special studies have established that the useage of these natural resources is the most economically feasible in the efficient operation of marshes.

We have developed and tested an algorithm for economically useful plant species resource mapping (consisting of 9 stages) with application of remote and terrestrial methods in separate bogs, and also within administrative and geobotanical areas. We have created resource maps for the wild rosemary (*Ledum palustre* L.), the blutauge (*Comarum palustre* L.), the buckbean (*Menyanthes trifoliate* L.), the cranberry (*Oxycoccus palustris* Pers.), and also for the estimation of the total operational phytomass for bog plant production (paludiculture) on a scale from individual marshes to specially protected natural areas (reserves) and administrative districts.

The results of the research make it possible to use the proposed methodology for the rapid assessment of resource-based biotopes. One of the most important advantages of this technology based on the GIS-technologies is the low cost of works with relatively high estimating resources accuracy over a large area. In the presence of field materials of plant species crop yields from key sites with a representative sampling (not less than 10 % of the entire study area), the resource assessment of a large area (for example, Disna geobotanical area of 4.5 thousand km^2) takes 3–4 working days.

In resource studies (especially when solving problems with limited funding) plant resources inventory and mapping is based on the basic forest management materials. Due to a number of reasons (especially the forest inventory accuracy), such estimates do not fully reflect the entire resource potential, but in the first approximation, it is possible to give a qualitative and quantitative assessment of forest resources. In such studies, the main object of the characteristic is forest biogeocoenosis, the boundaries of which coincide with the boundaries of the taxation unit.

When assessing wood resources, the indicators of the stand productivity are the fundamental for the resource potential identification and evaluation: stock, stock of the cutting age, average annual increment, class of bonitet, stock of aboveground biomass. Based on these indicators maps of different plot loads of wood resources are compiled.

With the useage of standard taxation indicators (forest type, type of forest conditions, completeness, age of stands) and the resource population status data (projective cover, age of thickets), it is possible to calculate and construct thematic maps of berries, medicinal and technical raw materials. To calculate the reserve for each type of forest (forest conditions types) according to the resource species projective coverage, through conversion coefficients, the reserves of a given raw material were calculated. Necessary coefficients in the normative reference tables are indicated, which were compiled on the basis of multi-year studies of non-timber resources and materials of a selective inventory of medicinal plants' resources. Then the database (* .xls) was linked to the vector layer of the basic forest inventory and the construction of thematic maps was carried out, and also the stocks of plant raw materials were estimated. In this format, we created cartographic materials on wild berries, as well as on the resources of wood stocks, in the framework of the plan for the management of the development of «Krasny Bor» republican reserve (Rosson district of Belarus).

Thus, based on our own experience and modern data on the use of information technology in botanical resource science and related sciences analysis, the main directions of using information technologies in resource science will be:

1. Creation and implementation of geoinformation technologies at the regional or country level (GIS "Berry Resources", "Medicinal Plants Resources" etc) with predictive capabilities based on data on successor vectors, forest usage plans, hydrological regime and weather forecasts;
2. The territory resource zoning by resource plants stenotopous species on the basis of the landscape principle;
3. Detailed interpretation of aerial and satellite imagery for the biotopes taxonomic indicators identification – indicators of the specific stock of medicinal and other useful plants;
4. Development of new and use of specialized vegetative indices obtained from space images (and aerial photographs), for differentiating the quantity and quality of plant raw materials;
5. Creation and introduction into practice of new technological solutions for estimating the area and resource biomass of individual plant populations, primarily in the lower tiers of forest phytocoenoses (using unmanned aerial vehicles and lidars).

Thus, the modernization of the classical method of key areas in resource management with new information technologies makes it possible to improve the efficiency and effectiveness of estimating the reserves of economically useful raw materials in the territories of various scales with access to sustainable management of the regions plant resources.

Материалы к изучению ценопопуляции галинсоги реснитчатой (*Galinsoga ciliata* (Raf.) Blake) на территории Эколого-биологического центра "Крестовский остров"

Асташкевич Е.В., Еремеева Е.Ю.
Эколого-биологический центр «Крестовский остров», Санкт-Петербург, Россия
egor-psp@yandex.ru, *eremei@mail.ru*

Galinsoga ciliata (Raf.) Blake – галинсога реснитчатая, отнесена к инвазионно опасным видам в Средней России и других регионах, однако в Ленинградской области по настоящее время это редкий, неустойчивый во флоре вид.

Целью данного исследования было выявление локального инвазионного потенциала *G. ciliata* на агроучастке Эколого-биологического центра «Крестовский остров».

На выбранной для исследования территории летом 2016-17 гг. в каждом выявленном локусе ценопопуляции *G. ciliata* подсчитывали количество ее особей и измеряли проективное покрытие всех встреченных видов растений. Проращивание банка семян компостного субстрата проводили в мае-июле 2017 года. Еженедельно подсчитывали количество особей каждого вида в различных стадиях онтогенетического развития, а после достижения стадии цветения они были извлечены из субстрата и измерены.

Выявлено, что суммарная численность ценопопуляции *G. ciliata* на участках клумб составила 141 особь, а в локусах на участках гравийных дорожек - 1202 особи, плотность ценопопуляции в среднем составила 2,77 экз/дм^2. Доля проективного покрытия галинсоги в сообществе сорно-рудеральных растений составила в среднем 49,74 %. Проективное покрытие отдельных сопутствующих видов не превышало 6,41%, тогда как у *G. ciliata* оно достигало 33,26% на отдельных участках. При проращивании банка семян компостного субстрата выявлено 17 сорно-рудеральных видов из 12 семейств, из них 11 однолетников и 6 многолетников. Выявлены различия данных видов в скорости прорастания семян и сроках достижения различных онтогенетических состояний. В среднем особи *G. ciliata* уступали некоторым видам по размерным показателям, но значительно преобладали по количеству и скорости развития.

Таким образом, на исследуемом участке выявлен высокий локальный инвазионный потенциал *G. ciliata* по показателям численности, плотности ее популяции, ее доли в фитоценозах и позиции в почвенном банке семян.

Materials for the study of the coenopopulation of the ciliated *Galinsoga ciliata* (Raf.) Blake on the territory of the "Krestovsky Ostrov"

Astashkevich E.V., Yeremeyeva E.Yu.
Ecological and Biological Center "Krestovsky Ostrov", Saint Petersburg, Russia

Galinsoga ciliata is classified as an invasively dangerous species in Central Russia and other regions, however in the Leningrad District it is a rare species unstable in the flora.

The purpose of this study was to identify the local invasive potential of *Galinsoga ciliata* on the agricultural plot of the Ecologo-biological Center "Krestovsky Ostrov".

The data was collected in the summer of 2016-17 on the agricultural plot chosen for the study. In each identified locus of *Galinsoga ciliata* coenopopulation the number of its individuals was counted and the projective coverage of all revealed plant species was measured. The germination of the seed bank of the compost substrate was carried out in May-July 2017. The number of individuals of each species was weekly calculated at different stages of ontogenetic development. At the flowering stage they were extracted from the substrate and measured.

The total quantity of *Galinsoga ciliata* coenopopulation was 141 individuals in the loci on the flower beds and 1,202 individuals in the loci on the gravel paths. The density of the coenopopulation is on average 2.77 individuals per sq. dm. The share of the *Galinsoga ciliata* projective cover in the community of weed-ruderal plants is 49.74% on average. The projective coverage of some accompanying species does not exceed 6.41%, whereas the *Galinsoga* coverage reaches 33.26% in certain sites. During germination of the seed bank of the compost substrate 17 weed-ruderal species from 12 families were identified, of which 11 are annuals and 6 are perennials. These species showed difference in the rate of seed germination and in the rate of reaching various ontogenetic states. The individuals of *Galinsoga ciliata* are inferior to certain species in size indices, but significantly prevailed in the number and the speed of development.

Thus, a high local invasive potential of *Galinsoga ciliata* is found in terms of its population quantity and density, its high position in phytocoenoses and in the seed bank of compost substrate.

Создание лесосырьевых плантаций *Manglietia conifera* Dandy во Вьетнаме

Дао Тхи Тху Ха
Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия
daothuhavfu@gmail.com

Manglietia conifera Dandy (*Magnolia conifera* (Dandy) V.S. Kumar)(сем. Magnoliaceae) – крупное вечнозеленое дерево, высотой до 30 м, диаметр ствола до 60 см. *M. conifera* является быстрорастущей древесной породой высокой экономической ценности в связи с коротким оборотом рубки (15-20 лет) и интенсивным приростом биомассы (более 20 м^3/год).

Исследования по созданию и выращиванию плантаций *M. conifera* во Вьетнаме показали, что:

- *M. conifera* растет хорошо в северной части Вьетнама, где природные условия соответствуют требованиям этой породы, здесь плантации способны принести высокую экономическую выгоду региону;

- исследования хода роста *M. conifera* показали, что деревья имеют высокий прирост как по диаметру, так и по высоте уже с 10-летнего возраста;

- исследования скорости поглощения CO_2 *M. conifera* на плантациях с почвами различного уровня плодородия, показывают, что их создание имеет не только экономическую эффективность, но и высокую экологическую ценность;

- плантации *M. conifera* можно создавать на площадях с уклоном до 25°, поэтому они играют важную роль в противоэрозионных мероприятиях.

- плантации *M. conifera* обеспечивают работой местное население, особенно в горных районах Вьетнама.

The establishment of forest resources of *Manglietia conifera* Dandy in Vietnam

Dao Thi Thu Ha
Saint-Petersburg State Forest Technical University, Saint Petersburg, Russia

Manglietia conifera Dandy (*Magnolia conifera* (Dandy) V.S. Kumar) (Magnoliaceae) is a large evergreen tree, from 25 m to 30 m high, with a trunk diameter from 30 cm to 50-60 cm. *M. conifera* is a fast-growing breed of high economic value due to its short turnover of felling (15-20 years). On the plantations, *M. conifera* begins to give an intensive increase in its biomass of more than 20 m^3 / year.

The studies in the establishment and cultivation of the *M. conifera* plantations in Vietnam have shown that:

- *M. conifera* grows well in areas laid down in accordance with the requirements of the natural conditions of this breed, the plantations are located mainly in the northern part of Vietnam, and are able to bring a high economic benefit to the region;

- Studies of the growth of the plantations of *M. conifera* show that they have a high increase in both diameter and height starting with the age of 10;

- Studies on the deposit of CO_2 by the plantations of *M. conifera* on soils with different levels of fertility show that the establishment of such plantations has not only economic efficiency but also a high ecological value;

- Plantations of *M. conifera* can be created in areas with a slope up to 25°, so they play an important role in erosion control measures.

- The *M. conifera* plantations provide jobs to the local population, especially in the mountainous regions of Vietnam.

Отбор микросателлитных маркеров сосны обыкновенной для оценки генетического разнообразия в популяциях сосны обыкновенной на Северо-Западе России

Котова Т.М., Кузьмина М.В., Калько Г.В.
Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства, Санкт-Петербург, Россия
tmkott@yandex.ru

Сохранение биологического разнообразия лесов и их неистощительная эксплуатация возможны на основе данных о современном состоянии генетических ресурсов хозяйственно ценных древесных пород. Основной задачей настоящей работы являлся отбор селективно нейтральных, не содержащих нулевых аллелей микросателлитных локусов сосны обыкновенной, пригодных для выявления полиморфизма ДНК.

Исследованы четырнадцать отобранных ранее полиморфных локусов сосны обыкновенной в выборках по 30 деревьев из трех естественных популяций (п. Шуя Республики Карелии, г. Порхов Псковской области, г. Тихвин Ленинградской области) и в выборках по 15 деревьев из четырех искусственных популяций (г. Грязовец Вологодской области, п. Якша Республики Коми). Микросателлитный анализ включал амплификацию отобранных локусов с праймерами, мечеными флуоресцентными красителями, и фрагментный анализ результатов ПЦР на генетическом анализаторе ABI PRISM 3500 Applied Biosystems. Вычислены процент полиморфных локусов, ожидаемая и наблюдаемая гетерозиготности, число аллелей, число эффективных аллелей, информационный индекс Шеннона, индексы фиксации Райта, проведен тест на нейтральность Эвенса-Ваттерсона. В четырех локусах вероятность наличия нулевых аллелей была более 5% в некоторых популяциях и они были исключены из дальнейшего анализа для получения более корректных популяционных характеристик.

Ожидаемая гетерозиготность в естественных популяциях варьировала от 0,567 до 0,608, в искусственных изменялась от 0,555 до 0,595. В карельском естественном насаждении отмечен существенный избыток гетерозигот (F – -0,178). Наибольший избыток гетерозигот наблюдается в популяциях полусибсов (F от -0,226 до -0,312). Внутрипопуляционная изменчивость преобладает над межпопуляционной, на долю которой приходится 1%.

По итогам работы были предложены десять ядерных нейтральных SSR-локусов, пригодных для оценки генетического разнообразия в популяциях сосны обыкновенной.

Selection of microsatellite markers of Scots pine for estimation of genetic diversity in populations of Scots pine in the North-West of Russia

Kotova T.M., Kuzmina M.V., Kalko G.V.
St. Petersburg Forestry Research Institute, Saint Petersburg, Russia

The conservation of biological diversity of forests and their sustainable exploitation is possible on the basis of the data on the current state of genetic resources of economically valuable tree species. The main objective of this work was the selection of neutral, not containing null alleles, microsatellite loci of Scots pine, suitable for identification of polymorphism of DNA.

14 pre-selected polymorphic microsatellite loci were studied in DNA samples of 30 trees from 3 natural populations (from the settlement Shuya of the Karelia Republic, the town Porkhov of the Pskov Region, the town Tikhvin of the Leningrad Region), and in 15 DNA samples from 4 artificial populations (from the town Gryazovets of the Vologda region, the settlement Yaksha of the Komi Republic). Microsatellite analysis included the amplification of tested loci with primers labeled with fluorescent dyes, and fragment analysis of the PCR products using the genetic analyzer ABI PRISM 3500 Applied Biosystems. The percentage of polymorphic loci, the expected and observed heterozygosity, the number of alleles, the number of effective alleles, the Shannon index, the Wright's fixation indices, the Evens-Watterson neutrality test were calculated. In 4 loci the probability of the presence of null alleles was more than 5% in some populations, so they were excluded from further analysis to obtain more correct population characteristics.

The expected heterozygosity in natural populations varied from 0,567 to 0,608, in artificial populations ranged from 0.555 to 0.595. In the Karelian forest stand a significant excess of heterozygotes was observed (F – -0,178). The highest excess of heterozygotes was detected in the populations of half sibs (F from -0,226 to -0,312). The variability within populations prevails over the variability between populations, which amounts to 1 %.

As a result, the 10 neutral nuclear SSR loci suitable for estimating genetic diversity in Scots pine populations were proposed.

Идентификация видов рода *Ipomoea* L. секции *Pharbitis* по морфологическому строению семян

Кочнев Ю.Р.
Всероссийский центр карантина растений, пос. Быково, Московская область, Россия
kochnevyuriy91@gmail.com

Анализ видового состава сорных примесей, выделенных из партий импортных соевых бобов, ввозимых в Россию, показал присутствие незначительно отличающихся друг от друга семян, предварительно отнесенных нами к видам секции *Pharbitis* рода *Ipomoea* L. (Ипомея). Эта секция объединяет около 14 видов, распространённых в странах Нового Света. Некоторые представители секции являются агрессивными сорными растениями. При этом семена ипомей регулярно проникают на территорию Российской Федерации как сорная примесь в составе партий ввозимых соевых бобов и шротов, а также с семенами овощных и цветочных культур. Один из видов, И. плющевидная (*Ipomoea hederacea* (L.) Jacq.) включена в Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза как карантинный объект.

При проведении карантинного контроля важно идентифицировать семена этих сорняков, чтобы точно определить их видовую принадлежность. Целью нашего исследования было попытаться выявить такие морфологические признаки строения семян, которые возможно использовать для проведения идентификации карантинного объекта в лабораторной практике. При обследовании образцов семян мы обнаружили семена трех типов. Семена с тонкой светлоокрашенной каймой вокруг семенного рубчика, отнесены нами к *I. purpurea* (L.) Roth. Семена с широким брюшным швом и с выступом под семенным рубчиком – отнесены к карантинному виду *I. hederacea*. А семена, схожие с *I. hederacea*, но отличающиеся отсутствием четко выраженного выступа на брюшном шве, мы предварительно определили как *I. nil* (L.) Roth.

Для подтверждения наших данных семена будут высеяны в теплицу, где по комплексу морфологических признаков растений будет проведена их идентификация.

Identification of the species of *Ipomoea* L. of the section *Pharbitis* based on the morphological features of seeds

Kochnev Iu.R.
All-Russian Plant Quarantine Center, Bykovo, Moscow region, Russia

The analysis of the species composition of weed impurities isolated from the batches of soybeans imported into Russia showed the presence of seeds slightly different from each other, and tentatively ascribed by us to the species of the section *Pharbitis* of the genus *Ipomoea* L. This section unites about 14 species distributed in the countries of the New World. Some members of the section are aggressive weeds, with the seeds regularly penetrating into the territory of the Russian Federation as impurity in the composition of the batches of imported soybeans and meal, as well as with the seeds of vegetable and flower crops. One of the species, *I. hederacea* (L.) Jacq.), is included in the Unified list of quarantine objects of the Eurasian economic Union as a quarantine object.

When conducting quarantine control, it is important to identify the seeds of these weeds to accurately determine their species. The purpose of our study was to try to identify such morphological features of the structure of the seeds that

can be used to identify the quarantine object in laboratory practice. When examining the seed samples, we found three types of seeds. We attributed the seeds with a thin light-colored border around the seed scar to *I. purpurea* (L.) Roth. The seeds with a broad ventral suture and with a ledge under the raphe are related to the quarantine species *I. hederacea*. And the seeds similar to *I. hederacea*, but different from it due to the absence of clear protrusion on the ventral suture, were preliminarily identified as *I. nil* (L.) Roth.

To confirm our data, the seeds will be sown in a greenhouse, where their identification will be made, based on the complex of morphological features of the plants.

Плантации *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Muell. Arg. во Вьетнаме

Нгуен Ван Тхань
Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия
nguyenthanhln2@yahoo.com.vn

Родиной каучуконосного растения гевеи бразильской (*Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Muell. Arg.) является Южная Америка, откуда она была завезена в другое полушарие и в настоящее время широко распространена в Юго-Восточной Азии.

Во Вьетнаме *H. brasiliensis* была успешно введена в культуру в 1897 г; к началу 2012 году общая площадь достигала 830 тыс. га. Создание плантаций *H. brasiliensis* производится привитыми саженцами с закрытой корневой системой, с густотой посадки 550-560 дер./га. Уход за плантациями заключается в удалении сорняков в радиусе до 1,5 м от каждого дерева и подкормке минеральными удобрениями два раза в год.

Заготовку млечного сока *H. brasiliensis* во Вьетнаме начинают с растений семилетнего возраста. После достижения тридцатилетнего возраста растения *H. brasiliensis* вырубаются, а древесина используется на производство мебели. На освободившихся территориях создаются новые плантации. С одного дерева *H. brasiliensis* собираю млечного сока около 28 г/день, с 1 га в год – до 1900 т млечного сока.

Наивысшую продуктивность показывает клон *H. brasiliensis* RRIC121, дающий более 2000 т млечного сока/га.

Plantations of *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Muell. Arg. in Vietnam

Nguyen Van Thanh
Saint-Petersburg State Forest Technical University, Saint Petersburg, Russia

The birthplace of Hevea of Brazil (*Hevea brasiliensis* Müll. Arg.) is South America. From Latin America, it was brought into the other hemisphere and spread almost throughout the equator and nearby zones.

In Vietnam *H. brasiliensis* was successfully introduced into the culture in 1897. By early 2012, the total area of rubber plantations in the country was about 830000 hectares. The establishment of the *H. brasiliensis* plantations is carried out by grafted seedlings with closed roots grown in nurseries. The density of planting is 550-560 trees/ha. Care of the plantations involves manual removal of grassy weeds over 1.5 m around each tree and adding mineral fertilizers twice a year.

Milk juice production on the *H. brasiliensis* plantations in Vietnam begins from the age of seven. After the age of thirty the trees are felled, and *H. brasiliensis* wood is used for the production of furniture. New plantations are created on the vacated territories.

The highest productivity is shown by the *H. brasiliensis* clone RRIC121, with over 2000 tons of milky juice per hectare.

Оценка современного флористического разнообразия пастбищ Северо-Западного Прикаспия

Панасенко В.А., Утяшова А.С.
Калмыцкий государственный университет им. Б.Б. Городовикова, Элиста, Россия
viktoriapanasenko@mail.ru

Актуальной проблемой является проблема сохранения и восстановления пастбищ Прикаспийской низменности, которые занимают более 90% её территории. Географическое положение и природные условия определяют зону высокой внутренней опасности опустынивания (деградации) данной территории. Важным негативным фактором также является перегрузка пастбищ скотом, который изменяет структуру растительного покрова и их видовой состав.

Объектом нашего исследования является флористическое разнообразие северо-западной части Прикаспия (СЗП), зональную растительность которой слагают степной и пустынный типы. Степи представлены наиболее засушливой подзоной – опустыненными лерхополынно-типчаково-тырсиковыми, а пустыни лерхополынными и злаково-лерхополынными комплексами. Флора исследованного региона включает 408 видов, относящихся к 75 семействам, 176 родам, из них степных (120), пустынных (46). Устойчивость растений к выпасу определяется их

биоморфологической структурой, устанавливаемой по классификации И.Г. Серебрякова (1962), из которой следует, что преобладающей биоморфой региона являются травянистые поликарпики – 222. Также в настоящее время высока роль монокарпиков – 123, из них однолетников (109), эфемероидов (3). Флористическое разнообразие пастбищ определяется отношением произрастающих видов к увлажнению. В изученной флоре зарегистрировано: мезофильных видов (51) ксерофильных (120), гигрофильных (35), гидрофильных (68); по степени засоления (55). Агроботанический состав современной флоры по нашим данным включает: кормовых (71), вредных (38), ядовитых (33).

Таким образом, в СЗП под влиянием перегрузки пастбищ скотом прослеживается тенденция к снижению гетерогенности растительного покрова, увеличению видового состава и обилия монокарпиков, вредных и ядовитых для скота растений.

The assessment of modern botanical diversity in the pastures of the North-Western Caspian

Panasenko V.A., Utyashova A.S.
Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, Elista, Russia

One of the urgent problems of the Caspian lowland is the problem of conservation and restoration of pastures. They occupy more than 90% of its territory. Geographical position and natural conditions created here a zone of high internal danger of desertification (degradation). Besides, overgrazing of pastures by cattle constantly leads to anthropogenic risks and catastrophes, changing the structure of the vegetation cover, its floral composition.

The object of our study is the botanical diversity of the northwestern part of the Caspian. The zone vegetation here is composed of the steppe and desert types. The steppes are represented by their most arid subzone - deserted Lerhopolynia-Fescue-Typhus, and the deserts - by Lerhopolynia and cereal-Lerhopolyn complexes. According to our data, the flora of the region includes 408 species belonging to 75 families, 176 genera, including steppe ones (120), desert ones (46). The resistance of plants to grazing is determined by their biomorphological structure, established by the classification of I.G. Serebryakov (1962), from which it follows that the predominant biomorph of the region is herbaceous polycarpicles - 222. Monocarpicles also play an important part at present – 123, of these annuals make up 109, ephemeroids - 3. Floristic diversity in the pastures is determined by the ratio of the species to moisture.

In the studied flora, there are: mesophilic species (51) xerophilic (120), hygrophilic (35), hydrophilic (68); by the degree of salinity (55). The agro-botanical composition of the modern flora according to our data includes: fodder (71), harmful (38), poisonous (33).

Thus, in the North-Western Caspian, under the influence of overgrazing of livestock, there is a tendency to the decrease in heterogeneity of the vegetation cover, and the increase in the species composition and abundance of monocarpicles, plants which are harmful and poisonous for livestock.

Количественная оценка содержания розмариновой кислоты у 15 видов семейства *Boraginaceae*

Петрова Н.В., Медведева Н.А.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
npetrova@binran.ru

Биологически активное вещество (БАВ) розмариновая кислота (РК) было обнаружено у представителей 20 семейств двудольных растений. В большинстве случаев наличие РК не является характерным признаком для всех представителей этих семейств, а отмечается лишь для некоторых видов. Исключения составляют семейства *Lamiaceae (Яснотковые)*, *Boraginaceae (Бурачниковые)* и *Apiaceae (Сельдерейные)*, среди которых большое число видов содержит РК. Для использования растений как источник РК важно знать не только о наличии этого соединения в растении, но и иметь возможность дать количественную оценку содержания этого БАВ.

Цель данного исследования – провести количественную оценку содержания РК в листьях 15 видов семейства Бурачниковые, собранных в фазу плодоношения в местах естестенного произрастания и в условиях интродукции. Экстракцию осуществляли метанолом, содержание РК определяли методом газовой хромато-масс-спектрометрии (ГХ-МС).

Содержание РК (мг/г): *Symphytum officinale* L. (НОС «Отрадное», Ленинградская обл.) – 24,9±0,3; *Myosotis spasiflora* Porl. (Костромская обл.) – 22,4±1,9; *Brunnera macrophylla* (Adams) I. M. Jihhnst. (парк БИН РАН) – 19,6±1,1; *Pulmonaria obscura* Dumort. (парк БИН РАН) – 5,2±1,0; *Myosotis arvensis* (L.) Hill (парк БИН РАН) – 2,6±0,7; *Lithospermum officinale* L. (Ленинградская обл.) – 2,1±0,6; *Nonea rossica* Steven. (Калмыкия) – 1,9±0,9; *Echium russicum* S. G. Gmel. (парк БИН РАН) – 1,4±0,4; *Pulmonaria rubra* Schott (парк БИН РАН) – 1,0±0,7; *Ompalodes verna* Moench (парк БИН РАН) – 0,2±0,1; *Lycopsis arvensis* L. (Костромская обл.) и *Myosotis palustris* (L.) L. (Ленинградская обл.) – 0,1±0,03. У *Lappula sguarrosa* (Retz.) Dumort. (КНР, Синьцзянь-Уйгурский а/о), *Symphytum asperum* Lepech. (НОС «Отрадное», Ленинградская обл.) и *Borago officinalis* L. (парк БИН РАН) – РК не обнаружена.

Наличие РК в листьях *Nonea rossica* нами выявлено впервые.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 01201255610 Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН и при поддержке программы фундаментальных исследований Отделения биологических наук РАН «Биоразнообразие природных систем. Биологические ресурсы России: оценка состояния и

фундаментальные основы мониторинга». Проект № 0126-2015-00087 «Растительные ресурсы России: сосудистые растения и водоросли-макрофиты».

Content of rosmarinic acid in the leaves of 15 species of Boraginaceae family

Petrova N.V., Medvedeva N.A.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

15 species of Boraginaceae family have been screened for the presence of rosmarinic acid (RA). Extraction was carried out by methanol. We evaluated the content of RA by the gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) technique.

Content of RA (mg/g): *Symphytum officinale* L. (Sci.Exp.Stat. «Otradnoye», the Leningrad region) – 24,9±0,3; *Myosotis spasiflora* Porl. (the Kostroma region) – 22,4±1,9; *Brunnera macrophylla* (Adams) I. M. Jihhnst. (the park of BIN RAS) – 19,6±1,1; *Pulmonaria obscura* Dumort. (the park of BIN RAS) – 5,2±1,0; *Myosotis arvensis* (L.) Hill (the park of BIN RAS) – 2,6±0,7; *Lithospermum officinale* L. (the Leningrad region) – 2,1±0,6; *Nonea rossica* Steven. (Kalmykia) – 1,9±0,9; *Echium russicum* S. G. Gmel. (the park of BIN RAS) – 1,4±0,4; *Pulmonaria rubra* Schott (the park of BIN RAS) – 1,0±0,7; *Ompalodes verna* Moench (the park of BIN RAS) – 0,2±0,1; *Lycopsis arvensis* L. (the Kostroma region) и *Myosotis palustris* (L.) L. (the Leningrad region) – 0,1±0,03. From *Lappula sguarrosa* (Retz.) Dumort. (China, the Xinjiang-Uygur region), *Symphytum asperum* Lepech. (Sci.Exp.Stat. «Otradnoye», the Leningrad region) and *Borago officinalis* L. (the park 0f BIN RAS) – RA is not detected.

For the leaves of *Nonea rossica* the presence of rosmarinic acid was detected for the first time.

The study was carried out within the framework of the state assignment n. 01201255610 of the Komarov Botanical institute, RAS, with the financial support of the Program for Fundamental Research of the Department of Biological Sciences, RAS, "Biodiversity of natural systems. Biological resources of Russia: evaluation of the current state and fundamentals of monitoring", project n. 0126-2015-00087 "Plant resources of Russia: vascular plants and macrophyte algae".

Особенности анатомии млечников у представителей рода *Euphorbia*, относящихся к разным жизненным формам

Рябуха У.А.
Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия;
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;
uryabukha@binran.ru

Млечники (М.) относятся к секреторным тканям растений и способны синтезировать и накапливать млечный сок, или латекс. Они встречаются у представителей разных систематических групп. М. бывают членистые (система взаимосвязанных клеток с неполными перегородками), и нечленистые (полые трубки, пронизывающие ткани). М. обнаружены в разных органах растения - в семядолях, стебле, листьях. Химический состав млечного сока у разных растений значительно варьирует.

Внимание многих исследователей, изучавших М., было обращено на растения семейства Euphorbiaceae, среди которых обнаружены виды, являющиеся источником промышленного каучука. К настоящему времени исследованы химический состав латекса, анатомия и ультраструктура М. Однако, публикаций с описанием М. у видов, относящихся к разным жизненным формам, мы не обнаружили. В связи с этим, цель работы состояла в анализе строения М. у представителей рода Euphorbia с разными жизненными формами и в поиске анатомических признаков, специфичных для растений разных видов. Были изучены суккулентные многолетние кустарники (*E. trigona* и *E. milii*), суккулентные многолетние травы (*E. mysrinites*), мезофитные многолетние травы (*E. squamosa*) и однолетние травы (*E. peplus*).

Для визуализации М. на живом материале были проведены гистохимические реакции по выявлению алкалоидов и терпеноидов. Предварительный химический анализ показал существенное различие по качественному и количественному составу вторичных метаболитов метанольных экстрактов исследуемых видов. У всех рассмотренных видов *Euphorbia* М. нечленистые. У *E. trigona* и *E. milii* они заметно изгибаются и пересекают несколько рядов клеток паренхимы, у *E. myrsinites* М. локализованы в проводящем пучке, а у *E. squamosa* и *E. peplus* проходят рядом и параллельно пучку. В полости М. отмечено неоднородное содержимое. Размеры М. у растений разных видов различаются: у *E. myrsinites* М. длиннее и шире (примерно в 2 раза) соседних клеток, у *E. trigona* они значительно длиннее, но у́же (в 2-2,5 раза) соседних округлых клеток.

В результате исследования выявлена общность строения М. у суккулентных многолетних кустарников, отличающая их от прочих видов. В дальнейшие планы входит изучение ультраструктуры клеток М. с целью обнаружения комплекса органелл, участвующих в синтезе латекса.

Работа выполнена в рамках государственного задания № АААА-А18-118031290059-1 Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН.

The anatomical features of the laticifers in *Euphorbia* species belonging to the different life-forms

Ryabukha U.A.
The Herzen State Pedagogical University of Russia, Saint Petersburg, Russia;
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

Laticifers are the plant secretory tissues and able to synthesize and accumulate a milky sap, or latex. They are formed in plants of different taxons. Laticifers may be divided into articulated ones, i.e., composed of a series of cells joined together with incomplete septa, and non-articulated laticifers, i.e. hollow tubes penetrating tissues. Laticifers are found in various plant organs, namely in cotyledons, stem and in leaves. Chemical content of latex varies in different plants.

Many researchers who studied laticifers drew attention on Euphorbiaceae plants, some of which are the source of a technical rubber. To the moment chemical contents of latex, laticifer anatomy and ultrastructure are well-characterized. However, we didn't find any publications about species belonging to the different life-forms. For this reason, the aim of the work was to analyze the structure of the laticifers in *Euphorbia* species with different life-forms and to search for the anatomical features that are specific for the different plant species. Succulent perennial bushes (*E. trigona* and *E. milii*), succulent perennial grasses (*E. mysrinites*), mesophytic perennial grasses (*E. squamosa*) and annual grasses (*E. peplus*) were studied.

To visualize laticifers, histochemical reactions for alkaloids and terpenoids were performed on fresh tissue sections. In all studied *Euphorbia* species laticifers are non- articulate. In *E. trigona* and *E. milii* they are distinctly curved and cross several cell layers; in *E. myrsinites* laticifers are situated in conducting bundle, and in *E. squamosa* and *E. peplus* they pass near to and parallel to a bundle. In a laticifer cavity there is a heterogeneous content. The size of laticifer differs in all species. In *E. myrsinites* laticifers are longer and 2 times wider than surrounding cells; in *E. trigona* they are longer, but 2-2,5 times thinner than the rounded parenchyma cells.

The results of the study showed that succulent perennial bushes are all similar in the structure of the laticifers, in contrast to other species. Further plans assume the study of the laticifer cell ultrastructure in order to detect a complex of organelles involved in the synthesis of latex.

The study was carried out within the framework of the state assignment n. AAA-A18-118031290059-1 of the Komarov Botanical institute RAS.

Мониторинг ценопопуляций *Cypripedium guttatum* Sw. в окрестностях г. Якутска (Центральная Якутия)

Сафронова Ю.А.[1], Макарова Е.В.[1], Черосов М.М.[2]
[1] Якутский городской лицей, Якутск, Россия;
[2] Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Якутск, Россия
[1] *safjule4ka@gmail.com*, [1] *maklenv@mail.ru*, [2] *cherosov@mail.ru*

Учениками Якутского городского лицея с 2009 г ведется мониторинг популяций *Cypripedium guttatum* Sw. произрастающих в условиях лесных сообществ, находящихся в 5 – 7 км к западу от селитебной части города Якутска. *Cypripedium guttatum* (Башмачок пятнистый), охраняемый в Якутии вид из семейства Орхидных, который может исчезнуть из-за нарастания антропогенного пресса, в частности перспективы начала строительства железной дороги около обследованных участков произрастания редкого вида.

В ходе исследований проведено сравнительное морфологическое описание растений *Б. пятнистого* в разнотипных лесных сообществах (ЦП) региона по 25 морфологическим признакам. Измерения проводились на 30 растениях в каждой ЦП. Полученные данные обработаны статистически. У обследованных особей изучаемого вида нами выделено 4 возрастных состояния. Максимальная вариабельность отмечена по следующим параметрам: размеры верхнего стеблевого листа и размеры брактеи. Незначительный уровень изменчивости отмечен для величины нижнего листочка околоцветника-губы.

Полученные данные позволяют выявить взаимосвязь между климатическими факторами и морфологическими параметрами растений: размер листьев коррелирует с количеством пасмурных дней в июне; доля генеративных растений в ЦП - с погодными особенностями августа предшествующего года, а процент завязывания плодов – с погодой июня года наблюдения.

Monitoring of morphological parameters and ontogenesis of the populations *Cypripedium guttatum* Sw. in the vicinity of Yakutsk (Central Yakutia)

Saphronova U.A.[1], Makarova E.V.[1], Cherosov M.M.[2]
[1] Yakutsk city lyceum, Yakutsk, Russia;
[2] Institute for Biological Problems of Cryolithozone of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russia

Since 2009 the students of Yakutsk city lyceum have been monitoring the populations of *Cypripedium guttatum* Sw. growing in the forest communities located 5-7 km west of the residential part of Yakutsk. *Cypripedium guttatum* is a protected species of the family of Orchids which may disappear due to the growth of anthropogenic press, in particular the prospects for the railway construction near the surveyed areas where this rare species grows.

The study involved a comparative morphological description of the plants of *C. guttatum* in different types of forest communities (CP) of the region based on 25 morphological characteristics. The measurements were carried out in 30 plants in each CP. The obtained data were processed statistically. In the examined specimens of the species under study we have identified 4 age states. The maximum variability is marked by the following parameters: the size of the upper stem leaf and the size of the bractea. An insignificant level of variability is marked for the size of the lower leaf of the perianth-lip.

The data obtained data allow us to reveal the relationship between microclimatic factors and morphological parameters of the plants: leaf size correlates with the number of cloudy days in June; the proportion of generative plants in the CP - with the weather characteristics of the previous August, and the percentage of fruit set – with the weather in June of the year of observation.

ГЕОБОТАНИКА

Видовое разнообразие растительных сообществ и факторы его определяющие

Матвеева Н.В.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
nadya_mat@mail.ru

Species diversity of plant communities and its determining factors

Matveyeva N.V.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

Вид как счетная единица – важнейший объект для оценки биологического разнообразия любых природных объектов – от популяции и сообщества до природных зон и биомов. Самое простое для его оценки – видовое разнообразие – один из важнейших параметров, определяющих формирование и функционирование сообществ (Чернов, 1991). Но одновременно, этот показатель – наиболее трудно прогнозируемая характеристика (Уиттекер, 1980). В растительном мире этими вопросами занимаются флористы и геоботаники.

Концепция видового разнообразия очень популярна в западноевропейской и в американской фитосоциологической литературе, в большой степени благодаря исследованиям ее разработчика в синэкологии Р. Уиттекера (Whittaker, 1965, 1972, 1975, 1977). Это понятие включает показатели, которыми оценивается число видов и распределение их количественного (число особей, масса) участия (англ. evenness или equitability). Оба относят как к сообществу, так и к ландшафту. Видовое богатство и выравненность в сообществе называют альфа-разнообразием. Для оценки многообразия растительных сообществ используют понятие бета-разнообразия, а для характеристики дифференциации растительного покрова ландшафта – гамма-разнообразия. Когда речь идет о более крупных территориях, говорят о региональной флоре, что соответствует категории эпсилон-разнообразия, которая, как альфа- и гамма-, относится к типу инвентаризационного (Whittaker, 1960, 1977). Число видов в конкретных флорах как самого простого из показателей гамма-разнообразия можно использовать для оценки дельта-разнообразия (тип дифференцирующего разнообразия) при анализе изменения видового богатства на любых градиентах.

Видовое разнообразие зависит от множества факторов. Для гамма- и эпсилон-разнообразия несомненна сильная связь с макроклиматом, но в одной зоне показатели будут различны на равнинах и в горах, на заболоченных низменностях и приподнятых равнинах. Очевидна зависимость альфа-разнообразия от размера сообщества и его положения в ландшафте, а бета- и гамма- – от степени расчлененности и неоднородности последнего. Прослеживается зависимость видового богатства низкого уровня от более высоких (например, числа видов в сообществе от богатства конкретной флоры), но она не всегда прямая. Известен глобальный тренд снижения флористического богатства от экватора к полюсам. Но его количественное выражение различно как в разных группах организмов (все зависимости сильнее в таксономически более продвинутых группах), так и на разных участках широтного градиента (Чернов, 1991).

При сравнении данных о видовом богатстве сообществ, необходимо учитывать их зональное и внутри ландшафтное положение. Самая простая мера выявления видового разнообразия сообщества – число видов на площадке стандартной величины. Наиболее доступно получение таких данных из геоботанических описаний – единственных массовых документов, фиксирующих число видов. Этот показатель зависит от размеров площади, а потому уместен вопрос о минимум-ареале, т. е. минимальной площади, которая дает адекватное представление о составе описываемого выдела. В разных зонах и типах сообществ ее размеры варьируют от 1 м^2 до 400 м^2. Для получения достаточной информации желательно установление необходимого размера пробной площадки в каждом биоме. Для Арктики по результатам специальной работы (Матвеева, 1998) рекомендована площадь 25 м^2 для наиболее богатых сообществ со сложной горизонтальной структурой и 9 м^2 для всех остальных. На них есть все виды с высокой (>20%) встречаемостью в сообществе и такой же константностью в синтаксоне (>80%), все доминанты и виды с обилием выше «r».

На точность и полноту выявления состава видов оказывают влияние и такие субъективные факторы, как длительность выполнения описания и квалификация фитоценолога. Немаловажен и профессионализм определения растений (особенно споровых), собранных к описаниям. Эти, казалось бы, само собой разумеющиеся установки важны при всевозможного рода статистических обработках при оценке альфа-разнообразия и интерпретации его зависимости от разных факторов. Идеальным было бы получение данных в разных районах одним и тем же исследователем (с присущей ему постоянной ошибкой), что теоретически возможно, но на практике бывает редко. И потому такой субъективный фактор может стать причиной ошибочных выводов при видимости объективности математических расчетов. Это – повод напомнить, что в сравнительных анализах число видов, как синэкологический показатель, следует использовать с осторожностью, поскольку, когда информацию получают из работ, выполненных с разными целями, провести корректные сравнения бывает проблематично.

Проиллюстрируем некоторые из высказанных положений на примере растительности Арктики. До сих пор расхожим суждением является мнение о видовой бедности тундровых сообществ. Сам Р. Уиттекер (Whittaker, 1965) высказал точку зрения, что имеется главный глобальный градиент: увеличение видового богатства сообществ от высоких широт Арктики к тропикам и от высокогорий к равнинам, из чего следует, что наиболее богаты видами в этом ряду сообщества в тропических лесах и саваннах, самые бедные – в альпийском поясе гор и в полярных пустынях. Однако в работе об эволюции видового разнообразия он же упомянул, что это заключение

сделано на основе информации о сосудистых растениях, а среди них в основном о деревьях и кустарниках. И особо оговорил, что распределение мохообразных и лишайников иное, чем деревянистых растений и трав. А значит, вывод классика относился не ко всему богатству сообщества, а лишь к одному таксоцену = таксономической фракции растительности (Whittaker, 1972, 1977).

Представлению о бедности арктических сообществ в немалой степени способствовали довольно скудные списки видов, длительное время приводимые в геоботанических описаниях растительности как евразийской, так и североамериканской Арктики. Однако интенсивная практика геоботанических работ в Арктике в конце прошлого столетия выявила, что сообщества высоких широт богаты видами, и их богатство выше, чем в большинстве сообществ более южных биомов, (см.: Матвеева, 2008). На Таймыре в зональных сообществах в разных подзонах тундр на площадках 100 м^2 отмечено от 110 до 182 видов, а в полярных пустынях (Северная Земля) на 25 м^2 – до 99. При том, что высокое видовое богатство арктических зональных сообществ создается преимущественно споровыми растениями, доля сосудистых растений в них соизмерима с таковой в других природных зонах.

Акцентируем, что самые высокие величины видового богатства были получены на стационарных участках, где исследования проводили в течение нескольких полевых сезонов. При стандартных геоботанических описаниях, выполняемых с целью дальнейшей классификации или картирования, цифры всегда ниже, что иллюстрирует зависимость получаемых результатов от тщательности работы и затраченного на это времени. Отсюда – при любых сравнениях видового разнообразия растительных сообществ в Арктике (и не только) желательно проявлять осторожность, имея в виду методические погрешности.

Завершая представление сложнейшей концепции видового разнообразия, заметим, что на заре поиска подходящих мер его оценки, оно было в центре внимания экологов и биологов, работавших во всех природных зонах. И как раз эта проблема оказалась далеко не простой, а все используемые индексы подвергались критике (см.: Magguran, 1989). В свое время, подводя 15-летний итог развития теории видового разнообразия, Р. Уиттекер (Whittaker, 1972) написал, что результаты исследований разочаровали тех, кто ожидал получения четких зависимостей для различных экологических построений как основу для прогнозирования варьирования этого показателя в пространстве и времени и понимания его эволюционной сущности. Тогда же он заметил, что, при математической обработке имеется риск скорее сделать малопонятными, нежели прояснить изучаемые отношения и зависимости и что предпочтительнее более прямолинейные измерения, а в случае, если результаты не совпадают, биологическая ясность должна цениться выше математической элегантности. По поводу различных уровней биоразнообразия были высказывания, что они могут рассматриваться лишь как некая расшифровка смысла основных категорий (Whittaker, 1972, 1977; Чернов, 1991).

Все это стоит иметь в виду, когда возникает соблазн включиться в изучение интереснейшего феномена и присоединиться к тем, кто, несмотря на методические недостатки в получении адекватных первичных материалов и на использование дискуссионных математических приемов, активно обсуждают богатство региональных и конкретных флор, сообществ, микрогруппировок, считают индексы, строят всевозможные графики, опуская по умолчанию очевидную неопределенность, которая лежит в основе всех этих категорий.

References

Матвеева Н.В. 1998. *Зональность в растительном покрове Арктики*. СПб. 220 с. (*Тр. БИН РАН. Вып. 21*).
Матвеева Н.В. 2009. Видовое разнообразие растительных сообществ в Арктике. В кн.: Виды и сообщества в экстремальных условиях. Юбилейный сборник, посвященный 75-летию академика Ю. И. Чернова. М. С. 190–208.
Чернов Ю.И. 1991. Биологическое разнообразие: сущность и проблемы. *Успехи совр. биол*. 111(4): 499–507.
Уиттекер Р. 1980. *Сообщества и экосистемы*. Пер. с англ. М. 327 с.
Magguran A.E. 1989. *Ecological diversity and its measurement*. London; Sydney. 181 p.
Whittaker R.H. 1965. Dominance and diversity in land communities. *Science* 147: 250–260.
Whittaker R.H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* 21(2/3): 213–251.
Whittaker R.H. 1975. *Communities and ecosystems*. New-York. 384 p.
Whittaker R.H. 1977. Evolution of species diversity in land communities. *Evolution Biology* 10: 1–67.

Фриганоидные сосняки (*Pinus kochiana* Klotzsch. ex C. Koch) Внутригорного Дагестана

Абдурахманова З.И.
Горный ботанический сад ДНЦ РАН, Махачкала, Россия
zagidat.abdurahmanova88@mail.ru

Сосняки из сосны Коха (*Pinus kochiana* Klotzsch. ex C. Koch) с элементами фриганоидной растительности (колючеподушечников) представляют собой весьма необычное явление наложения различных по экологии типов растительности: с одной стороны – лесной, с другой – горностепной, и нагорно-ксерофитной. Для этих сообществ характерно участие видов, несвойственных сосновых лесам Дагестана, и в целом лесной растительности республики: подушковидных кустарников *Onobrychis cornuta, Astragalus denudatus,* эфиромасличных полукустарничков *Salvia canescens, Thymus daghectanica, Saturea subdentata, Helianthemum nummularium, H. daghectanicum* и др.

Исследованный массив сосняков фриганоидных расположен в краевой юго-восточной части аридных котловин Внутригорного Дагестана. В настоящее время для него характерно массовое распространением *Pinus kochiana* в древесном ярусе и участие элементов фриганоидной растительности в сочетании с шибляками –

колючими ксерофильными кустарниками *Paleurus spina-christi, Spiraea hypericifolia, Berberis vulgaris, Rosa canina, R. elasmacantha*. Сообщества описаны на 10 пробных площадях (20×20 м) в Левашинском р-не на СВ склоне хр. Чакулабек, кр. 20–45º на высоте 1200–1350 м. Они приурочены к сухим, щебнистым склонам со скелетными почвами. Первое описание сосняков фриганоидных дал М.М. Магомедмирзаев (1965), на южных склонах хребтов близ сел Могох, Дарада, Гергебиль. В результате проведенных исследований нами выделена асс. *Pinetum phryganodes* – сосняк фриганоидный. Подрост сосны в возрасте до 5–10 лет ослабленный, по причине эродированности склона и деградации почвенного покрова. Травяной ярус полидоминантный. В подлеске обилен подушковидный *Onobrychis cornuta* (10–15%), встречены *Juniperus oblonga* (3–8%), *Rosa elasmacantha* (3–5%). В изученных сообществах выявлено 108 видов сосудистых растений, 17 мохообразных и 34 – лишайников. В дальнейшем, при отсутствии антропогенного пресса, на хр. Чакулабек восстановятся сосновые леса, и исчезнут многие виды фриганоидов.

Friganoid pine forests (*Pinus kochiana* Klotzsch. Ex C. Koch) of Intermountain Dagestan

Abdurakhmanova Z.I.
Mountain Botanical Garden of the Dagestan Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia

Koch pine (*Pinus kochiana* Klotzsch. ex C. Koch) forests with the elements of phryganoid vegetation (thorn cushion plant formation) is a very interesting phenomenon of different vegetation types combination: on the one hand – the forest type, on the other hand –mountain-steppes, and montane xerophytes. These communities are characterized by species not typical for the Daghestan Koch pine forests, as well as for the forest vegetation of the republic as a whole. There are thorn cushion shrubs *Onobrychis cornuta, Astragalus denudatus* and aromatic semi-shrubs *Salvia canescens, Thymus daghectanica, Saturea subdentata*, *Helianthemum nummularium, H. daghectanicum*, etc. The studied pine forest area is located at the edge of the southeastern part of arid depressions of Intermountain Dagestan. It is characterized by the massive spread of *Pinus kochiana* in the tree layer in combination with “shibliak” – thickets of thorn xerophyte shrubs: *Paleurus spina-christi, Spiraea hypericifolia, Berberis vulgaris, Rosa canina, R. elasmacantha*.

The Koch pine communities were studied on 10 sample plots (20×20 m) in the Levashinsky district on the NE slope of the Chakulabek ridge, degree 20–45º on the altitudes 1200–1350 m. They are met on dry gravelly slopes with lithosolic soils. The phryganoid Koch pine forests in Daghestan were first described by M.M. Magomedmirzaev (1965) on the southern slopes of the ridges, in the vicinity of the villages Mogokh, Darada, Gergebil. As a result of our research, the association Pinetum phryganodes was distinguished. The young growth of *Pinus kochiana* aged up to 5–10 years was weak because of the slope erosion and degradation of the soil cover. The grass layer was polydominant. In the undergrowth, the cushion-plant *Onobrychis cornuta* (10–15%) was abundant, *Juniperus oblonga* (3–8%) and *Rosa elasmacantha* (3–5%) were met. In the studied communities 108 species of vascular plants, 17 bryophytes and 34 lichens were identified. In the future, in the absence of human-induced disturbances, the restoration of Koch pine forests will be observed on the ridge Chakulabek, and many species of phryganoid vegetation will disappear.

Послепожарное восстановление травяно-кустарничкового яруса сосняков скальных в условиях шхерного района Ладожского озера

Ашик Е.В.
Санкт-Петербургский городской Дворец творчества юных, Эколого-биологический центр «Крестовский остров», Санкт-Петербург, Россия
evashik@gmail.com

Рассматривается процесс восстановления травяно-кустарничкового яруса (ТКЯ) сосняков скальных в ходе пирогенной сукцессии в условиях шхерного района Ладожского озера. Для описания этого процесса было заложено 9 постоянных пробных площадей размером 0.2–0.3 га на территориях с разной давностью пожара; на территориях с молодыми гарями была проведена серия описаний. Таким образом, был получен динамический ряд восстановления растительного покрова через 1, 2, 3, 4, 5, 7, 15, 30 и 70 лет после пожара. В качестве контроля было выбрано сообщество, в котором пожаров не было как минимум последние 150 лет.

Анализ изменения проективного покрытия ТКЯ показал, что на ранних стадиях формирования растительного покрова (давность пожара от 1 до 7 лет) этот показатель колеблется, однако первое заметное различие в полученном сукцессионном ряду выявлено между значениями проективных покрытий ТКЯ сообщества с давностями пожара 7 и 15 лет. Следующее резкое изменение проективного покрытия ТКЯ происходит между 30 и 70-летней давностью пожара, и средние проективные покрытия ТКЯ 70-летних сообществ уже не отличаются от контрольного.

Количество видов по мере восстановления растительного покрова снижается, видовой состав становится более постоянным. Все встреченные в ходе описаний виды можно разделить на 5 групп в зависимости от характера их встречаемости в сообществах с разной давностью пожара: 1) виды, встречающиеся во всем динамическом ряду; 2) виды, встречающиеся только на ранних стадиях восстановления; 3) виды, встречающиеся только на поздних стадиях восстановления; 4) виды, встреченные только в контроле; 5) спорадически встречающиеся виды.

Отдельного внимания заслуживает однократная встреча *Monotropa hypopitys* L. в 70-летнем послепожарном сообществе на острове группы Паласарет (ПП № 6). Этот вид занесен в Красную книгу республики Карелия, что

указывает на необходимость ограничения посещения данного острова, после включения его в состав национального парка.

Post-fire regeneration of field layer in pine communities on rocks at the Ladoga skerries

Ashik E.V.
St. Petersburg City Palace of Youth Creativity, Ecological and biological centre “Krestovsky Island”, Saint Petersburg, Russia

Post-fire regeneration of field layer was studied in the pine communities on rocks in the Lake Ladoga skerry district. To detect this process, nine permanent sample plots (0.2-0.3 ha each) were placed in localities of various time since the last fire. A number of field layer inventory plots were laid out on sites with recent fire events. Thus, a dynamic series of plant recovery in 1, 2, 3, 4, 5, 7, 15, 30, and 70 years after the fire was obtained. We chose a plant community that had no fires for at least 150 years as a control.

The analysis of changes in the percentage coverage of field layer showed that at the early stages of regeneration (time since the last fire varied between 1 and 7 years) these values fluctuated inconsiderably. Filed layer coverage values of the sites with time since fire 7 years were noticeably different from those of the sites with time since fire 15 years. The next considerable shift in field layer coverage occurred between the communities with time since fire 30 years and those with time since fire 70 years. However, the average field layer coverage in the communities with time since fire 70 years did not differ from the control plots.

The number of species decreased with time since the last fire, and the species composition became more stable. All the species registered might be divided into five groups, depending on their occurrence on sites with different time since the last fire: 1) species found throughout the entire dynamic series; 2) species found only at the early regeneration stages; 3) species found only at the late recovery stages; 4) species found only in the control sites; 5) species found sporadically.

Special attention should be paid to a single finding of *Monotropa hypopitys L.* in the community of 70 years since the last fire located on the Palasare group island (sample plot No. 6). This species is included in the Red Data Book of the Republic of Karelia. Therefore, it might be necessary to limit the access to this island after it becomes part of the national park.

Пространственная сопряженность растительных сообществ поймы Оби (данные с профиля у Барсовой Горы близ Сургута)

Бабицына М.А., Тюрин В.Н.
Сургутский государственный университет, Сургут, Россия
rita.france@yandex.ru

Исследование проведено в 2017 г. в пойме Оби в 7 км к западу от Сургута, на 135-метровом профиле, заложенном перпендикулярно рельефу. Цель работы: проанализировать протяженность и взаимную упорядоченность пойменных сообществ. Для достижения цели проведено обустройство профиля: выполнена его разметка и нивелировка.

Анализ сообществ показал закономерное чередование сообществ в градиенте увлажнения – от гривы к понижению (сору). Периодически затапливаемую вершину гривы занимает разнотравный луг (*Anemonidium dichotomum* + *Sanguisorba officinalis*) в полосе шириной 9 м. От него временной дорогой шириной 2 м отделен разнотравно-злаковый луг (*Phalaroides arundinacea* + *Veronica longifolia*) на переходе к склону гривы в полосе 6 м. Более обширные пространства занимают двукисточниково-осоковое (*Phalaroides arundinacea* + *Carex acuta*) (18 м) и двукисточниковое сообщества (16 м) у регулярно затапливаемого склона гривы. В нижней части гривы узкой полосой (4 м) проходит гигрофитное остроосоковое сообщество (*Carex acuta*). На переходе к сору в полосе ежегодного длительного затопления шириной 37 м распространено водноосоковое сообщество (*Carex aquatilis*). К постоянно затопленному участку сора приурочены сообщества гидрофитов – сусаковое (*Butomus umbellatus*) и рдестовое (*Potamogeton perfoliatus*), простирающиеся на 23 м и 12 м. Между водноосоковым и сусаковым, а также между сусаковым и рдестовым фитоценозами характерны разрывы шириной 2 и 6 м с разреженной растительностью. Последний разрыв образовался при распаде в 2017 г. сообщества ежеголовника (*Sparganium emersum*).

Распределение сообществ на профиле в целом является типичным для центральной поймы Оби. Выделяется, однако, пространственное преобладание сообществ гидрофитов – 80 м (59% протяженности профиля).

Spatial relationship of plant communities in the Ob River floodplain (data from the profile near Barsova Gora hill, Surgut City)

Babitsyna M.A., Tyurin V.N.
Surgut State University, Surgut, Russia

The research was carried out in 2017 (7 km west of Surgut City) on a 135-meter profile, which was laid out perpendicular to the relief of the Ob River floodplain. Our purpose was to analyze the extent and order of plant communities on the profile and to associate them with flooding. The following results were obtained.

The vegetation cover analysis showed a regular change of the communities in the moisture gradient, from the elevation toward the depression. The periodically flooded top of the elevation was occupied by a forb meadow (*Anemonidium dichotomum* + *Sanguisorba officinalis*) in a 9-meter-wide strip. A forb-grass meadow (*Phalaroides arundinacea* + *Veronica longifolia*) was separated from the first community by a temporary road (2-meter wide); the community was on the top of a slope in a 6-meter strip. A reed canary-grass–acute sedge community (*Phalaroides arundinacea* + *Carex acuta*) and a reed canary-grass community occupied more extensive areas near a regularly flooded slope from the elevation to the depression (18 and 16 m). A hygrophyte acute sedge community (*Carex acuta*) located in a narrow strip (4 m) toward the depression. A water sedge community (*Carex aquatilis*) prevailed nearby the depression in the annual long-term flooding zone (a strip of 37 m). There were hydrophyte flowering rush (*Butomus umbellatus*) and pondweed (*Potamogeton perfoliatus*) communities in 23-meter and 12-meter stripes in a lake. Areas between the water sedge and the flowering rush, as well as between the flowering rush and pondweed communities were characterized by sparse vegetation (stripes of 2 and 6 m). The last stripe in 2016 was occupied by a community of *Sparganium emersum*.

The distribution of communities on the profile was typical to the central floodplain of the Ob River. However, the hydrophyte communities had a more wide extension (80 m, or 59% of the profile length).

Оробиом как региональная единица оценки ботанического разнообразия гор (на примере Станового нагорья)

Бочарников М.В.
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия
maxim-msu-bg@mail.ru

Концепция биомного разнообразия, разработанная Вальтером и Бреклом (Walter, Brackle, 1991), рассматривает биом в качестве базовой региональной единицы оценки биоразнообразия, в процессе становления и развития биоты которой сложились наиболее оптимальные взаимоотношения ее компонентов с абиотическими факторами, прежде всего, с биоклиматическими условиями и ландшафтной структурой территории. В горах с высотно-поясными закономерностями формирования растительного покрова и их интегральным выражением в типах поясности растительности на региональном уровне организации биоты выделяют оробиомы. Единство оробиомов основано на разнообразии полных высотно-поясных спектров в соответствии с комплексом факторов, прежде всего, единством происхождения и сопряженного развития в определенных географических условиях (Огуреева, Бочарников, 2017).

Для Кодаро-Каларского оробиома (карта «Биомы России», 2015) проведен ботанико-географический анализ пространственной организации растительного покрова, который развит в сложных орографических условиях Северного Забайкалья. С использованием картографического метода выявлена высотно-поясная структура растительности с высотными пределами распространения четырех поясов и шести подпоясов: гольцового [1900–3000 м], горно-тундрового [1330–1900 м], подгольцового (редколесный (*Larix gmelinii, Betula lanata*) [1130–1330 м] и кедровостланиковый (*Pinus pumila*) [970–1130 м] подпояса) и горнотаежного (подпояса лиственничных (*Larix gmelinii*) [690–970 м] и лиственнично-сосновых (*Pinus sylvestris*) [180–690 м] лесов). По собранным данным о флористическом и ценотическом разнообразии высотных поясов определены их региональные черты, которые находят свою интерпретацию через географические варианты оробиома (Северобайкальский, Патомский, Кодаро-Каларский). Они находят объяснение, в том числе, через тесноту флороценотических связей с растительным покровом окружающих территорий.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ (проект № 17-77-10142).

Orobiome as the unit of botanical diversity evaluation on the regional level (on example of the Stanovoy highlands)

Bocharnikov M.V.
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
maxim-msu-bg@mail.ru

The concept of biome diversity (Walter and Brackle, 1991) considers biome as the basic regional unit of biodiversity evaluation. The most optimal relationships between biota and abiotic factors are formed in the process of biome development according to bioclimatic conditions and landscape structure of the territory. In the mountains with altitudinal patterns of vegetation cover and with their integral reflection in the types of vegetation belts orobiomes are allocated at the regional level of the biota organization. The unity of orobiomes is based on the diversity of full altitudinal spectra according to their origin and development in specific geographical conditions (Ogureeva and Bocharnikov, 2017).

Botanical-geographical analysis of the vegetation cover spatial organization was carried out for the Kodar-Kalar orobiome (the map "Biomes of Russia", 2015). It is developed under complex orographic conditions of the North Transbaikalia. Using the cartographic method, an altitudinal structure of the vegetation with altitudinal limits of 4 belts and 6 subbelts was revealed. The spectrum includes: the upper tundra belt [1900–3000 m], the tundra belt [1330–1900 m], the subtundra belt (the sparse forest (*Larix gmelinii, Betula lanata*) sub-belt [1130–1330 m] and the Siberian dwarf pine (*Pinus pumila*) sub-belt [970–1130 m]) and the mountain taiga belt (the larch (*Larix gmelinii*) forests sub-belt [690–970 m] and larch-pine (*Pinus sylvestris*) forests sub-belt [180–690 m]). According to the collected data on the floristic and cenotic diversity of altitudinal belts, their regional features are identified through the geographic variants of the orobiome (the

North Baikal, the Patom and the Kodar-Kalar). They find an explanation through the florocenotic connections with the vegetation cover of the surrounding territories.

This research was supported by the grant of Russian Science Foundation (project № 17-77-10142).

Ценотическое разнообразие Среднедонских степей и их природоохранная значимость

Гаврилова Т.М.
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия
gavrilova.t.m@list.ru

Несмотря на интенсивное антропогенное воздействие, на водораздельных пространствах Среднего Дона сохранились участки целинных разнотравно-дерновиннозлаковых степей. Однако эти территории до сих пор не находятся под режимом охраны. Разработка принципов оценки природоохранной значимости этих сообществ представляется актуальной для развития практики их охраны в России.

Цель работы – дать характеристику степей бассейна Среднего Дона на фитоценотическом уровне и оценить их природоохранную значимость.

Для характеристики разнообразия степей территории исследования был выбран ключевой участок в окрестностях хутора Шипилов в Чертковском районе Ростовской области, где сохранились сравнительно малонарушенные степные сообщества. Из описаний, составленных в ходе полевых работ на ключевом участке, а также описаний Среднедонских степей из литературы была сформирована база данных, включающая 200 описаний. Описания были обработаны с применением эколого-флористического подхода, выделенные синтаксоны были соотнесены с уже описанными для данной территории. С использованием полученной классификации была обоснована природоохранная значимость ассоциаций Среднедонских степей с учётом следующих критериев: число редких и охраняемых видов, их участие в составе сообществ; экологическая амплитуда сообществ; современное и восстановленное на период активного антропогенного преобразования степей распространение сообществ; лимитирующие факторы и угрозы для исследуемых сообществ.

В результате работы создана формальная основа для разработки паспортов требующих охраны растительных сообществ. Анализ природоохранной значимости степей в пределах выбранного нами ключевого участка представляет ценность с точки зрения создания Донского степного заповедника.

Steppe vegetation diversity of the Middle Don Basin and its conservation status

Gavrilova T.M.
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Despite intensive anthropogenic impact, undisturbed steppes were preserved in the Middle Don basin. However, these plant communities are still not under conservation regimen. Therefore, environmental priority assessment of these communities is essential to develop conservation strategies and implement them into practice.

The present work was aimed at characterizing the steppe vegetation diversity of the Middle Don basin and assessing its conservation status.

To characterize the diversity of steppes within the studied territory a key area was chosen in the Rostov region, where relatively undisturbed steppe communities were preserved. The relevés were made during field works as well as those from literature were included in the database comprising 200 relevés in total. The relevés were classified according to Braun-Blanquet approach, the resulting syntaxons were attributed to those previously described for the study area. The conservation status of the Middle Don steppe associations was assessed by means of the following criteria: the number of endangered and protected species, their role in plant community composition; ecological amplitude of the communities; current distribution; limiting factors and threats.

As a result, a formal basis was introduced to develop passports for the communities requiring conservation. The conservation status assessment of the studied area is of paramount importance in terms of organizing Don Steppe Reserve.

Флора и растительность низинных и переходных болот заповедника «Малая Сосьва»

Ганасевич Г.Н., Лапшина Е.Д.
Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск, Россия
ganasevich@yandex.ru

Заповедник «Малая Сосьва» располагается в прилегающей к Уралу северо-западной части Западной Сибири. В настоящее время хорошо выявлена флора высших сосудистых растений заповедника, в меньшей степени флора мохообразных. Значительно слабее изучена растительность заповедника, в частности практически полностью отсутствуют сведения о фитоценотическом разнообразии болот, среди которых особый интерес представляют низинные болота богатого грунтового питания, где сосредоточено большое число редких видов и удивительные растительные сообщества, не имеющие аналогов в других регионах Западной Сибири.

Целью данной работы явилось изучение флоры и растительности ключевых болот заповедника «Малая

Сосьва», их экологическая оценка и построение эколого-флористической классификации. Исследования проводились в июле 2016 года в долине р. Ем-Еган, правого притока р. Малая Сосьва (61.79° – 62.05°N, 64.06° – 64.55°E).

В результате обработки геоботанических описаний и гербарных образцов в растительном покрове выявлено 178 видов, в том числе 84 вида высших сосудистых растений, 68 видов мхов, 26 видов печеночников. Из них в Красную книгу Ханты-Мансийского автономного округа входят 14 видов, при этом многие из них имеют заметное участие в растительном покрове.

Разработана эколого-флористическая классификация растительности ключевых болот, в которой 5 ассоциаций, 7 субассоциаций и 4 сообщества описаны как новые. Для всех выделенных единиц выполнена ординация по экологическим шкалам Л. Г. Раменского. Установлено, что изученные сообщества развиваются в пределах 4.5–8.5 ступени по фактору активного богатства почв и 86–98 ступени по фактору увлажнения. Наиболее высокие фитоценотическое разнообразие и концентрация редких и охраняемых видов отмечены в растительных сообществах союза ***Sphagnowarnstorfii–Tomentypnion***. Проведено сравнение выделенных синтаксонов с их наиболее близкими европейскими аналогами и выявлена специфика западносибирских сообществ.

Flora and vegetation of the minerotrophic mires at the "Malaya Sosva" reserve

Ganasevich G.N., Lapshina E.D.
Yugra State University, Khanty-Mansiysk, Russia

The reserve "Malaya Sosva" is located in the north-western part of Western Siberia, adjacent to the Urals. At present, the flora of vascular plants has been well established, while bryophytes are observed in lesser extent. Vegetation of the reserve has been much less studied. In particular, there is almost no information about the phytocoenotic diversity of the mires, where the nutrient rich minerotrophic sphagnum fens are of special interest due to the concentration of a large number of rare species and specific plant communities which have no analogues in other regions of Western Siberia.

The purpose of this study was to investigate the flora and vegetation of the minerotrophic fens of the reserve "Malaya Sosva", develop an eco-floristic classification of the mire communities and work out environmental assessment of their habitats. Studies were carried out in July 2016, in the Yem-Yegan river valley, the right tributary of the Malaya Sosva river (61.79° – 62.05° N, 64.06° – 64.55° E).

As a result of processing the relevés and moss specimens, 178 species were identified in the mire vegetation, including 84 species of higher vascular plants, 68 moss species, and 26 liverworts species. Among them, 14 species were included in the Red Book of Khanty-Mansiysk Autonomous Region.

An ecological-floristic classification of the minerotrophic fens vegetation was developed, in which 5 associations, 7 subassociations and 4 communities were described as new ones. For all units ordination was carried out according to the ecological scales of L. G. Ramensky. It is found that the studied communities developed within the 4.5–8.5 stages in the factor of the nutrient condition and 86–98 stages in the humidity factor. The highest phytocoenotic diversity and concentration of rare and protected species was noted in the plant communities of the ***Sphagnowarnstorfii-Tomentypnion***. The selected syntaxa were compared with their closest European analogues. The specificity of West Siberian communities was revealed.

Изменения структуры напочвенного покрова в первые годы после сплошной рубки ельника черничного

Геникова Н.В.
Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия
genikova@krc.karelia.ru

С целью выявить изменения в структуре напочвенного покрова в ходе восстановительной сукцессии после рубки древостоя были исследованы старовозрастные ельники черничные и вырубки давностью 2–10 лет. Работа проводилась в Архангельской области (подзона северной тайги). Исследованные вырубки слабо отличались от исходных лесных сообществ видовым составом, так как располагались вдали от населенных пунктов и активно используемых дорог, они не заселялись сорными растениями и апофитами. В то же время по соотношению видов напочвенного покрова наблюдались сильные различия – в первые годы после рубки древостоя происходит резкая смена доминантов напочвенного покрова, затем исходная лесная растительность постепенно восстанавливается.

Для анализа структуры травяно-кустарничкового яруса был рассчитан индекс доминирования Симпсона, отражающий равномерность распределения видов. В лесном сообществе доминантами травяно-кустарничкового яруса являются два вида (*Vaccinium myrtillus* и *V. vitis-idaea*), проективное покрытие остальных видов сосудистых растений не превышает 5%. На трехлетней вырубке в сложении напочвенного покрова с проективным покрытием выше 5% участвуют уже шесть видов сосудистых растений (это *V. vitis-idaea, Avenella flexuosa, Chamaenerion angustifolium, V. myrtillus, Calamagrostis phagmitoides* и *Trientalis europaea*). На пятилетней вырубке в напочвенном покрове преобладают четыре вида растений (*Avenella flexuosa, Chamaenerion angustifolium, V. myrtillus, V. vitis-idaea*). Через десять лет после рубки в травяно-кустарничковом ярусе вновь доминируют лесные кустарнички (*V. vitis-idaea, V. myrtillus*), но также заметно участие других видов растений (*Avenella flexuosa, Carex globularis*).

Change of ground vegetation structure in the first years after clear-cutting of bilberry spruce forest

Genikova N.V.
Forest Research Institute of Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia

The research of old-aged bilberry spruce forests and clear-cuttings was carried out to reveal changes of the ground cover structure after tree felling. The research took place in the Arkhangelsk Region (north taiga). The clear-cuttings were similar to the primeval forest communities in species composition because they were far from settlements and roads and were not occupied by weeds and apophytes. However, there was a significant difference in the ratio between ground cover species: during the first few years after tree felling a dramatic change of ground cover dominants occurs, later the initial forest vegetation gradually recovers.

The Simpson's domination index was calculated to analyze the herb layer structure. The index reflects uniformity of species abundance distribution. In the forest communities, two species were herb layer dominants (*Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*), the projective cover of each of the rest species is not higher than 5%. In the 3-year-old clear-cutting communities as many as six species had projective cover higher than 5% (*V. vitis-idaea*, *V. myrtillus*, *Avenella flexuosa*, *Chamaenerion angustifolium*, *Calamagrostis phagmitoides*, *Trientalis europaea*). In the ground cover of the 5-year-old clear-cuttings four species dominated (*Avenella flexuosa*, *Chamaenerion angustifolium*, *V. myrtillus*, *V. vitis-idaea*). In ten years after felling, dwarf-shrubs have again become dominants of the herb layer, but the share of other species is also significant (*Avenella flexuosa*, *Carex globularis*).

О формации *Artemisieta santonicae* в степной и пустынной зонах Калмыкии

Горяев И.А.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
goriaev.arslan@yandex.ru

Artemisia santonica L. – галофильный полукустарничек, пустынно-степной вид с причерноморско-прикаспийским ареалом. Распространен по солонцам, солончаковатым солонцам, солончакам, вблизи соров, засоленных водоемов, участвует в комплексах на равнинах. *A. santonica* не выдерживает высокого содержания солей и заходит на солончаки при засолении не больше 0.242%. Встречается по нарушенным местам (залежам, пастбищам).

О сообществах формации *Artemisieta santonicae* в литературных источниках мало сведений. Есть работы, посвященные онтогенезу и биологии *A. santonica*.

Формация Artemisieta santonicae в Калмыкии представлена 10 ассоциациями. Видовой состав формации включает 60 сосудистых растений. Важную роль в сообществах играют полукустарнички. В степной зоне в сообществах по солонцам наиболее часто встречаются *A. pauciflora*, *Camphorosma monspeliaca*, *Kochia prostrata*, *A. lerchiana*; в пустынной зоне по солончакам − *Halocnemum strobilaceum*. Характерны галофильные злаки *Leymus ramosus* и *Puccinellia distans*. В сообществах часто обильны малолетники: *Climacoptera crassa*, *Petrosimonia brachiata*, *P. oppositifolia*, *Suaeda acuminata*. По нарушенным местам в сантоникополынниках участвуют полукустарничек *Anabasis aphylla*, однолетники *Ceratocarpus arenarius*, *Descurania sophia*, *Lappula patula*, *Salsola kali*, *Sisymbrium loiselii*, *Sporobolus cryptandrus*, *Trigonella ortoceros*.

В напочвенном покрове по солонцам встречаются лишайники: *Acarospora schleicheri*, *Aspicilia desertorum*, *Cetraria steppae*, *Xanthoparmelia camchatdalis*.

On the formation of *Artemisieta santonicae* in steppe and desert areas of Kalmykia

Goryaev I.A.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

Artemisia santonica is a halophilic dwarf semishrub, desert-steppe species that grows in the Black Sea-Caspian range. It is not only spread on salt licks, slightly salines, salines, but also near sors and salt water bodies. This species participates in a complex of vegetation communities on the plains. *A. santonica* does not withstand high salt content and springs up saline soils with salinization below 0.242%. It could be found in disturbed areas (sod fields, pastures).

There is little information on the communities of the *Artemisieta santonicae* formation in literary sources. There are some works devoted to the ontogeny and biology of *A. santonica*.

Formation of *Artemisieta santonicae* in Kalmykia is represented by 10 associations. The species composition of this formation includes 60 vascular plants. The important role in the communities is played by dwarf semishrubs. *A. pauciflora*, *Camphorosma monspeliaca*, *Kochia prostrata*, and *A. lerchiana* are most commonly found in the steppe area in the communities of salt licks, *Halocnemum strobilaceum* is in the desert area on the saline soils. It is characterized by halophilic cereals such as *Leymus ramosus* and *Puccinellia distans*. The communities are often abundant in annual plants: *Climacoptera crassa*, *Petrosimonia brachiata*, *P. oppositifolia*, and *Suaeda acuminata*.

The dwarf semishrub *Anabasis aphylla*, annuals *Ceratocarpus arenarius*, *Descurania sophia*, *Lappula patula*, *Salsola kali*, *Sisymbrium loiselii*, *Sporobolus cryptandrus*, and *Trigonella ortoceros* take part in associations on the disturbed places.

There are lichens in the ground cover on salt licks: *Acarospora schleicheri*, *Aspicilia desertorum*, *Cetraria steppae*, *Xanthoparmelia camchatdalis*.

Определение особенности растений в песчаных карьерах подмосковья для их биологической рекультивации

Даббаг А., Жукова А.Д.
Российский университет дружбы народов, Москва, Россия
alaa_dabbagh@hotmail.com

Песчаные карьеры являются техногенными формами рельефа, самостоятельное восстановление растительности на которых затруднено. Для биологической рекультивации на песчаном субстрате сомкнутого растительного покрова, препятствующего движению склонов, необходимо всестороннее изучение флоры и растительности песчаных карьеров.

Материалы собрали летом 2015–2016 г. Были исследованы Дзержинский песчаный карьер на юго-востоке, Звенигородский на западе от Москвы. Для изучения видового разнообразия производились геоботанические описания по стандартной методике на площади 25 м^2. Жизненные формы определены по системе К. Раункиера и И.Г. Серебрякова. Мы достигли следующих результатов:

Растительный покров песчаных карьеров разрежен, проективное покрытие составляет 20–30%, что в целом является характерным для песчаных ландшафтов. Типичной жизненной формой по К. Раункиеру, преобладающей во всех фитоценозах Средней полосы России, являются гемикриптофиты. Растительность песчаных карьеров не является исключением: доминирование гемикриптофитов сохраняется на протяжении двух лет исследований. Далее проводилась классификация жизненных форм по И.Г. Серебрякову. На основе данной классификации выявляется влияние экологических факторов на изученные растительные сообщества. В спектре жизненных форм по И.Г. Серебрякову для карьерах было выявлено преобладание травянистых поликарпиков, среди из них доминантами являются длиннокорневищные, стержнекорневые и короткокорневищные растения. Присутствие стержнекорневых растений связано с их приспособленностью к высокой инсоляции местообитаний и устойчивостью к засухе. В целом стоит отметить, что длиннокорневищные и короткокорневищные растения тяготеют к легким почвам и рыхлым субстратам. Также данные растения хорошо удерживают подвижные пески, и поэтому рекомендуется использовать именно эти виды для рекультивации песчаных карьеров.

Determination of plant characteristics in sand pits near Moscow for their biological reclamation

Dabbagh A., Zhukova A.D.
Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

Sand pits are man-made landforms where vegetation self-restoration becomes very difficult. For biological reclamation an in-depth study of sand pits' flora and vegetation must be done in order to restore the complete canopy on a sand substrate, which prevents the movement of slopes.

The materials were collected in the summer 2015–2016. Dzerzhinsky sand pit located to the southeast of Moscow, and Zvenigorodsky sand pit west of Moscow were investigated. To study species diversity, geo-botanical description was made using the standard method in the area of 25 m^2. Life forms were determined according to the system of K. Raunkire and I.G. Serebryakov. We got the following results:

In both sand pits vegetation was rarefied. Projective cover degree made up 20–30% which, in general, is a typical characteristic of sandy terrain. Hemicryptophytes are a typical life form prevailing in all plant communities of central Russia. The vegetation of sand pits was no exception: dominance of hemicryptophytes persisted for two years of research. Further, classification of life forms was made based on the system of I.G. Serebryakov, which is a more elaborate and detailed classification compared to that of K. Raunkiaer, and allows for a detailed analysis of the environmental factors impact on a plant community. According to it, sand pits were dominated by herbaceous polycarpics, among which long- and short rhizome plants and tap rooted plants were in majority. A significant proportion of tap rooted plants was due to their high degree of adaptation to strong light conditions and resistance to drought. Long- and short rhizome plants tend to loose substrates and soft soils. Besides, these plants retain mobile sands well enough to highly recommend them for reclamation of sand pits.

Генезис и динамика экологических параметров водораздельных болот Липецкой области

Дубинина Н.С., Волкова Е.М.
Тульский государственный университет, Тула, Россия
ya.dubinina54@yandex.ru

Изучение динамики развития болотных экосистем позволяет не только выявить последовательность этапов и стадий, но и реконструировать экологические условия, которые определяют стабильность/изменчивость состояния экосистемы.

Генезис и динамику развития болот реконструируют на основе изучения состава торфяных отложений. Применение к результатам ботанического анализа торфов экологических шкал позволяет охарактеризовать параметры биотопа на разных этапах развития. Такая реконструкция особенно актуальна для болот лесостепных регионов Европейской России.

Объектами данного исследования явились водораздельные болота Липецкой области: Сосновка, Разрезное, Лебяжье. В полевых условиях проведено описание растительности, бурение залежи и отбор образцов торфа. В

камеральных условиях изучен ботанический состав растительных остатков и проведена реконструкция на основе шкал Д.Н. Цыганова в программе Ecoscale.

Объекты исследования различаются по характеру растительности, мощности и составу торфяных отложений. В структуре растительности доминируют эвтрофные сообщества (Разрезное – березово-сфагновое, Лебяжье – березово-тростниково-осоково-сфагновое). В центральной части болота Сосновка сформировано олиготрофное сосново-кустарничково-сфагновое сообщество.

Торфяные отложения мощностью от 0.7 до 3.2 м образованы, преимущественно, низинными торфами. Среди них доминирующими являются осоково-гипновый (Разрезное) и травяно-сфагновый (Лебяжье). Они в верхних горизонтах сменяются сфагновым низинным торфом. В залежи болота Сосновка низинные торфа в слое 0–100 см перекрыты осоково-сфагновым и травяно-сфагновым переходными торфами, что диагностирует изменение условий водно-минерального питания.

Таким образом, в генезисе болот доминируют эвтрофные стадии, а мезо- и олиготрофные сообщества являются более «молодыми». Применение экологических шкал показало, что в процессе развития болот менялись показатели трофности, богатства азотом и кислотности.

The genesis and dynamics of ecological features of watershed mires of the Lipetsk region

Dubinina N.S., Volkova E.M.
Tula State University, Tula, Russia

Study of the development of mire ecosystems allows us not only to identify the sequence of stages, but also to reconstruct the ecological conditions that determine the stability/variability of the state of ecosystems.

The genesis and dynamics of mires development are reconstructed on the basis of studying the composition of plant remains (microfossil analyses) in peat deposits. Application of ecological scales to the results of microfossil analysis makes it possible to characterize the biotope features at different stages of its development. This reconstruction is especially important for the mires of the forest-steppe regions of European Russia.

The objects of this study were the watershed mires of the Lipetsk region: Sosnovka, Razreznoe, Lebyazhye. In the field, a description of vegetation was made, and coring of peat deposit and peat sampling were carried out. Microfossil analysis was provided in the laboratory and reconstruction of ecological conditions was made using Tsyganov scales in the Ecoscale program.

The mires proved to differ in terms of vegetation, depth and composition of peat deposits. The vegetation was characterized by domination of euthrophic communities (Razreznoe – birch-sphagnum, Lebyazhye – birch-reed-sedge-sphagnum). In the central part of Sosnovka mire an oligotrophic pine-shrub-sphagnum community was formed.

0.7 to 3.2 m-deep peat deposits were mainly formed by euthrophic (nizinnyi) peat. Among them, sedge-hypnaceous (Razreznoe) and herbaceous-sphagnum (Lebyazhye) peats were dominant. In the deposits of the mire Sosnovka euthrophic peat on the 0–100 cm layer was formed by sedge-sphagnum and grass-sphagnum mesothrophic peats, which diagnoses the changing of water-mineral nutrition.

Thus, eutrophic stages predominate in the genesis of the mires, while meso- and oligotrophic communities are "younger". The application of ecological scales showed that during the development of the mires their conditions (trophicity, acidity) were changing.

Циклы ассоциаций основных типов горных лесов Урала

Дубровский Ю.А., Дёгтева С.В.
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия
dubrovsky@ib.komisc.ru

На Северном и Приполярном Урале выявлены пять типов леса: лишайниковый, зеленомошный, долгомошный, травяной и сфагновый, которые занимают экотопы, четко дифференцированные по важнейшим экологическим факторам – влажности почв и их обеспеченности азотом.

Фитоценозы лишайникового типа леса (березовые и лишайниковые редколесья) приурочены к местообитаниям с сухими и бедными щебнистыми почвами, которые встречаются на выходах карбонатных пород в бассейне реки Кожим, охраняемых в составе геологических памятников природы. Выделено четыре ассоциации, которые отнесены к кустарничковому циклу сухих местообитаний и по составу и структуре нижних ярусов практически не отличаются от кустарничково-лишайниковых тундр.

Насаждения зеленомошного типа леса приурочены к местообитаниям с небогатыми почвами и нормальным увлажнением. Для них характерен высокий уровень синтаксономического разнообразия: 29 ассоциаций, которые можно объединить в три цикла – кустарничковый цикл свежих местообитаний (14 ассоциаций), бореально-мелкотравный цикл свежих местообитаний (12) и папоротниковый цикл свежих местообитаний (3). В составе типа представлены все лесные формации региона.

В состав долгомошного типа леса входит 12 ассоциаций из кустарничкового, бореально-мелкотравного и высокотравного циклов влажных местообитаний темнохвойных и лиственных лесов.

Леса травяного типа формируются в местообитаниях с нормальным увлажнением проточного характера и довольно богатыми почвами. Данный тип леса является наиболее разнообразным на исследуемой территории и

включает 34 ассоциации, объединенные в три цикла: бореально-мекотравный, папоротниковый и высокотравный. В составе типа представлены все лесные формации региона.

В заболоченных местообитаниях формируются светлохвойные, темнохвойные и лиственные леса сфагнового типа леса, в состав которого входит 16 ассоциаций из пяти циклов ассоциаций: кустарничкового, бореально-мелкотравного, папоротникового, высокотравного, и травяно-болотного циклов сырых местообитаний.

Исследования выполнены при частичной финансовой поддержке проекта РФФИ № 18-35-00455.

Cycles of associations of the main types of mountain forests in the Urals

Dubrovskiy Y.A., Degteva S.V.
Institute of Biology of the Komi Scientific Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia

In the Northern and Subpolar Urals, five types of forest were revealed: lichen, green moss, polytrichum, herb, and sphagnum, which establish ecotopes clearly differentiated by the main ecological factors – soil humidity and nitrogen content.

Forests of the lichen type (birch and larch light forests) establish habitats with dry and poor ranker soils at the limestone outcrops in the river Kozhym basin, protected as part of the geological nature monuments. The tree stands are presented by birch and larch light forests from four associations attributed to the dwarf shrub cycle of dry habitats. The composition and structure of lower vegetation layers are very close to the dwarf shrub lichen mountain tundra communities.

Forests of the green moss type establish habitats with poor soils and normal humidity. This type has a high level of syntaxonomical diversity and includes 29 associations classified into the three cycles: dwarf shrub cycle (14 associations), boreal herb cycle (12), and fern cycle (3). The type includes all the forest formations presented in the study area.

The polytrichum type of forest includes 12 associations from dwarf shrub, boreal herb, and large herb cycles of wet habitats in the spruce and deciduous forests.

Forests of the herb type establish habitats with normal humidity and rich soils. This type of forest has the highest level of coenotical diversity in the region and includes 34 associations from the three cycles: boreal herb, fern, and large herb. The type includes all the forest formations presented in the study area.

Overlogged habitats are established by pine, spruce and deciduous forests of the sphagnum type including 16 associations from the five cycles: dwarf shrub, boreal herb, fern, large herb, and mire herb cycles of overlogged habitats.

The research was partially supported by RBFR project 18-35-00455.

Высота растений как показатель функциональной структуры альпийских сообществ

Дудова К.В.
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия
k.v.dudova@yandex.ru

Одно из активно развивающихся направлений экологии растений, позволяющее выявить механизмы функционирования экосистем – это функциональный подход. В его основе лежит изучение признаков растений, которые являются важными для его реакции или же воздействия на окружающую среду. Репрезентативный, и при этом легко измеряемый функциональный признак – это высота растения. Распределение значений функциональных признаков в сообществе называют функциональной структурой. Целью нашего исследования является сравнение альпийских сообществ по показателям функциональной структуры.

Материал для исследования собирали на территории Тебердинского государственного заповедника (Карачаево-Черкесская республика). Было изучено четыре типа фитоценозов: альпийские лишайниковые пустоши, пестро-овсянницевые луга, гераниево-копеечниковые луга, альпийские ковры. Высоту растений измеряли соответственно международному протоколу измерений функциональных признаков. Участие видов в сообществах определяли по их надземной биомассе.

Все изученные сообщества значимо различаются по средним высотам. При этом оценки средних с учетом и без учета участия видов для некоторых сообществ значимо различаются. При расчете без учета участия наиболее низкими сообществами являются лишайниковые пустоши, а с учетом участия видов – альпийские ковры. Малый объем высоты (альпийские ковры) используется менее равномерно, нежели большой (луговые сообщества). Дивергенция по высоте внутри ценозов выражена меньше в тех сообществах, где сильнее выражены конкурентные взаимоотношения и выше уровень продукции (гераниево-копеечниковые и пестроовсянницевые луга), и сильнее выражена в сообществах альпийских ковров и альпийских лишайниковых пустошей, где конкуренция выражена слабее, а уровень продукции ниже.

Using plant height as a functional trait for describing the structure of alpine communities

Dudova K.V.
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

The use of functional traits has repeatedly been advocated to understand and predict the distribution and abundance of plant species in natural habitats. A functional trait is a trait indirectly influencing the fitness of an individual via its effects on growth, reproduction, or survival. Plant height is a “soft trait”, i.e. a trait that is relatively easy and quick to

quantify. As an estimator of the general size of a plant, plant height is a quantitative trait which has been used in a large number of studies in comparative ecology. The aim of our study is the comparison of the alpine communities on the basis of functional structure indices.

The study area lies within the borders of Teberda Nature Reserve (Karachay-Cherkess Republic, Russia). Four alpine plant communities were studied: alpine heath, *Festuca varia* grassland, *Geranium-Hedysarum* meadow, alpine snowbed. Plant height was measured according to international protocol. Local abundances were measured according to species aboveground phytomass.

Caucasian alpine communities showed differences in the mean heights. For some communities mean and weighted-mean values were very different. When mean values were calculated, alpine heaths were the lowest, but in the calculation of weighted-mean values, snowbeds were the lowest. Functional richness decreased in the range *Geranium-Hedysarum* meadow – *Festuca varia* grassland – alpine heath – alpine snowbed. The functional evenness was less for the community with the small height capacity and more for the community with the large height capacity. Functional divergence of heights was less in the communities with the high level of competitive exclusion and productivity than in the communities with the low level of competitive interactions and productivity.

Фитоценотическое разнообразие степной растительности юго-западного склона памятника природы «Гора Бештау» (Северный Кавказ)

Дутова З.В.
Эколого-ботаническая станция «Пятигорск» Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН, Пятигорск, Россия
zdutova@binran.ru

Гора Бештау (1401 м) – комплексный памятник природы регионального значения, который граничит с городами-курортами Кавказских Минеральных Вод. В ходе полевых исследований в 2017 году нами было установлено, что степная растительность юго-западного склона Бештау сосредоточена, в основном, на высотах 870–950 м н.у.м., на пологих участках с развитым почвенным покровом, и представлена разнотравно-злаковыми и разнотравно-гераниево-злаковыми сообществами. Основную роль в сложении разнотравно-злаковых сообществ играют *Stipa pulcherrima* и *Bromus riparius*, на долю которых приходится 50% проективного покрытия на всех учетных площадках. Также в сложении сообществ заметны *Geranium sanguineum, Euphorbia stepposa, Psephellus dealbatus*, виды семейства *Fabaceae – Trifolium alpestre, Securigera varia*, семейства *Lamiaceae – Dracocephalum austriacum, Betonica officinalis*. Единичными экземплярами встречается *Rosa spinosissima*. Общее проективное покрытие составляет 90–95%. Высота травостоя – 60–70 см. Количество видов сосудистых растений – 25–37 (в среднем 31) на 100 м^2. Основу разнотравно-гераниево-злаковых сообществ составляют *Stipa pulcherrima, Bromus riparius, Helictotrichon pubescens, Geranium sanguineum*. Среди разнотравья выделяются *Psephellus dealbatus, Euphorbia stepposa, Plantago saxatilis, Erysimum diffusum*, виды семейства *Lamiaceae: Salvia verticillata, Teucrium chamaedrys, Thymus marschallianus, Dracocephalum austriacum*, некоторые виды семейств *Fabaceae, Ranunculaceae*. Малочисленными группами встречаются кустарники *Rosa spinosissima* и *Rosa canina*. Общее проективное покрытие около 90–95%, высота травостоя 60–70 см. Количество видов сосудистых растений 33–42 (в среднем 37) на 100 м^2. Дальнейшее изучение разнообразия степной растительности на склонах различной экспозиции – актуальная задача нынешнего этапа наших исследований.

Phytocoenotic diversity of steppe vegetation on the southwestern slope of the nature sanctuary "Beshtau Mountain" (North Caucasus)

Dutova Z.V.
Ecological and botanical station "Pyatigorsk" of the Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Pyatigorsk, Russia

«Beshtau Mountain» (1401 m) is a nature sanctuary of regional value, which is surrounded by the resort towns of the Caucasus Mineral Water region. The field research carried out in 2017 showed that steppe vegetation of the southwestern slope of Beshtau is generally formed at the heights of 870–950 m above sea level on flat sites with the developed soil cover and presented by herb-rich–grass and herb-rich–geranium–grass communities. The major role in herb-rich–grass communities is played by *Stipa pulcherrima* and *Bromus riparius* making up 50% of the percentage coverage in all sites. Also significant in these communities were *Geranium sanguineum, Euphorbia stepposa, Psephellus dealbatus, Trifolium alpestre, Securigera varia, Dracocephalum austriacum,* and *Betonica officinalis. Rosa spinosissima* was met singly. The total percentage coverage of plants was 90–95%. The height of the herb layer was 60–70 cm. The number of vascular plant species was 25–37 (31 on the average) by 100m^2. The herb-rich–geranium–grass communities were mainly composed of *Stipa pulcherrima, Bromus riparius, Helictotrichon pubescens,* and *Geranium sanguineum*. In addition, *Psephellus dealbatus, Euphorbia stepposa, Plantago saxatilis, Erysimum diffusum, Salvia verticillata, Teucrium chamaedrys, Thymus marschallianus,* and *Dracocephalum austriacum*, and some species of *Fabaceae* and *Ranunculaceae* were recorded in these communities. Small groups of bushes of *Rosa spinosissima* and *Rosa canina* were met occasionally. The total percentage coverage of plants was 90–95%; the height of the herb layer was 60–70 cm. The number of vascular plant species was 33–42 (37 on the average) by 100m ^{2}. Further insight into the diversity of steppe vegetation on the slopes of various exposure is an urgent task of our current stage of research.

Фиторазнообразие реликтовых сосновых лесов Заволжско-Казахстанской степной провинции

Еремеева Е.А.
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия
erem_a995@mail.ru

Целью работы является выявление флористического разнообразия реликтовых сосновых лесов в связи с различными эколого-географическими условиями на территории Заволжско-Казахстанской провинции Причерноморско-Казахстанской подобласти Евразиатской степной области.

Были рассмотрены сосновые леса восточной части провинции, произрастающие на территории национальных парков: Каркаралинский, Баянаульский, Бурабай, а также для сравнения использованы данные по сосновым лесам Ильменского заповедника, находящегося вблизи северного предела провинции со сходным соотношением лесных, степных, луговых и болотных ландшафтов.

Было проведено сравнение таксономического разнообразия, показателей видового богатства, анализ экологических (по фактору увлажнения) и эколого-ценотических групп видов для каждой из рассмотренных территорий. Для оценки антропогенного воздействия на леса проведен учет синантропных видов растений.

Исследование выявило значительную схожесть таксономического и типологического состава флоры островных сосновых лесов, что указывает на их единство в прошлом. На реликтовый характер растительности указывает и наличие бореальных реликтов в составе сообществ (до 11 видов в лесах Каркаралинского НП).

Распределение видов по экологическим и эколого-ценотическим группам в разных лесных массивах сходное – преобладают виды мезофитной экологической и луговой эколого-ценотической групп. Выявленные различия массивов связаны с современными природными условиями, а также со степенью антропогенного воздействия. В целом они свидетельствуют об усилении бореального характера растительности сообществ при продвижении с юго-востока на северо-запад от Каркаралинского и Баянаульского НП до Ильменского заповедника.

Число синантропных видов зависит от режима охраны территории и степени рекреационной нагрузки.

Phytodiversity of relic pine forests of the Zavolzhsky-Kazakhstan steppe province

Eremeeva E.A.
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

The aim of the study is to identify the floristic diversity of relic pine forests in connection with various ecological and geographical conditions in the Zavolzhsky-Kazakhstan steppe province, located on a vast territory from the middle Volga to the foothills of the Altai.

Pine forests of the eastern part of the province have been considered in this work. They are Burabai, Karkaraly and Bayanaul national parks. The Ilmen reserve was also used for comparison due to its location near the northern boundary of the province and similarity of the main types of landscapes.

The study involves the comparison of taxonomic diversity, species richness, the analysis of ecological (by the factor of moistening) and ecology-coenotic groups in each forest. Also, the anthropogenic impact on the investigated forests was estimated by calculation of synanthropic species.

The study revealed a significant similarity of the taxonomic and typological composition of the isolated forests flora, which indicates the unity of the examined forests in the past, confirming their relic character. This is also indicated by the presence of boreal relics in the flora (up to 11 ones in Karkaraly national park). Differences are associated with modern natural conditions and the degree of anthropogenic impact.

The distribution of species by ecological and ecology-coenotic groups in different forest areas is also similar – most of the species belong to mesophyte ecological and meadow ecology-coenotic groups. The detected differences indicate intensification of the boreal character of vegetation in communities from the southern part of the province to the north, from the Karkaraly and Bayanaul to the Ilmen reserve.

Comparison of the number of synanthropic species shows the dependence of this indicator on the conservation regime and development of recreation.

Мозаичность лугово-степных сообществ на склонах балки участка «Острасьевы Яры» заповедника «Белогорье» и её динамика

Ершова Е.А.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
lenaerschova.bin@yandex.ru

Пространственная неоднородность фитоценоза является одним из основных его свойств. Неравномерность распределения видов сообщества, их совместное произрастание или избегание определяет мозаичность структуры растительного покрова. Причины возникновения мозаичности могут быть как экотопическими так и фитоценотическими. Определенная растительная ассоциация характеризуется набором микрогруппировок. Исследование структуры лугово-степной растительности на склонах балки на протяжении ряда лет (с 2011 по 2017 гг.) показывает, что выделяемые пятна мозаики не имеют четких границ, их контуры могут смещаться, а внутренний состав также достаточно динамичен. Таково рода флуктуации определяются преимущественным

развитием тех или иных видов сообщества, что в свою очередь в значительной степени зависит от варьирования погодных условий. Тем не менее, многолетние наблюдения позволили выявить закономерности в характере мозаичности растительности, приуроченной к склонам полярной экспозиции. Наименее гетерогенна растительность участков на клонах южной экспозиции. При этом характер доминирования видов показал преобладание очень небольшого числа видов на долю которых приходится около 60% общего проективного покрытия, в то время как доли участия остальных видов значительно ниже. Для сообществ склонов северной экспозиции характерно постепенное снижение доли участия видов в сообществе. Вместе с тем, здесь хорошо выражена мозаичность растительного покрова. Вероятно, лучшие условия увлажнения в этой части балки позволяют развиваться большему числу видов, в том числе луговой группы, что определяет полидоминантность растительного покрова и сложность ее структуры.

The meadow-steppe plant communities mosaic and dynamics on the slope of the site «Ostrasevy Yary» of the Belogorye Nature Reserve

Ershova E.A.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

Heterogeneity of phytocoenosis is its important quality. Mosaic structure of the vegetation cover depends on the distribution of species in the plant community and plant-plant interaction. Long-term investigation (from 2011 to 2017) of the structure of meadow-steppe vegetation on the slopes showed that vegetation patchiness had varying contours and dynamic species composition. These fluctuations were determined by the preferential development of different plant species, which depended on the variation in weather conditions. Our observations demonstrated the dependence of the degree of heterogeneity of the plant community on the exposure of the slope. The vegetation of the plots confined to the slopes of the southern exposure was more or less homogeneous. In these plant communities, 3–4 species predominated. The northern communities were characterized by a gradual decrease in the percentage coverage of species. At the same time, the mosaic of the vegetation cover was more represented here. Probably the best moistening in this part of the site was facilitated by the development of a larger number of plant species, including the meadow group, which determined the polydominance of the vegetation cover and the complexity of its structure.

Биомасса луговых растений на используемых и заповедных лугах Центрально-Лесного государственного заповедника (Тверская обл.)

Железова С.Д.
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия
surusoym@gmail.com

Интенсивность использования суходольных лугов может влиять на соотношение функциональных групп растений в составе надземной биомассы.

Целью нашей работы было сравнить надземную биомассу луговых растений при использовании и заповедном режиме на суходольных лугах в лесной зоне.

Работа была проведена в августе 2017 г на территории Центрально-Лесного государственного заповедника и в его окрестностях. Было выбрано 4 участка суходольных лугов на урочище Красное (ядро заповедника) и 4 участка около села Фёдоровское (буферная зона заповедника), принадлежащих к ассоциации *Anthoxantho odorati-Agrostietum tenuis* Sillinger 1933**.** Участки значимо отличались друг от друга по показателю увлажненности местообитания (баллы по экологическим шкалам Х. Элленберга: Красное – 5.65±0.07; Фёдоровское – 5.91±0.06). На каждом участке было взято и разобрано по видовому составу от 6 до 8 укосов площадью 0.0625 м^2.

Для выявления влияния режима были использованы линейные регрессионные модели со смешанным эффектом (пакет *nlme* в статистической среде R). Биомасса сосудистых растений была выше на используемых лугах. Показатели биомассы мхов выше на заповедных участках. Хотя соотношение функциональных групп сохранилось, но произошло перераспределение биомассы видов внутри группы. Биомасса *Agrostis tenuis* Sibth. была выше, а биомасса *Poa angustifolia* L., *P. pratensis* L., *Ranunculus acris* L., *Stellaria graminea* L. и *Veronica chamaedrys* L. ниже на заповедных участках.

Biomass of meadow plants on the used and protected meadows of the Central Forest State Reserve (the Tver Region)

Zhelezova S.D.
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

The intensity of use of dry meadows can affect the ratio of plant functional groups in the composition of aboveground biomass.

The aim of our work was to compare the above-ground biomass of meadow plants in exploitation and protected regimes on the dry meadows in the forest zone.

The work was carried out in August 2017 on the territory of the Central Forest State Reserve and in its environs. We selected 4 sample plots in dry meadows within the natural boundary Krasnoe (the core of the reserve) and 4 sample plots

near the village Fedorovskoye (the buffer zone of the reserve), belonging to the association *Anthoxantho odorati-Agrostietum tenuis* Sillinger 1933. The sites differed significantly from each other in terms of wetness of the habitat (scores on the ecological scales of H. Ellenberg: Krasnoe–5.65±0.07, Fedorovskoye–5.91±0.06). At each sample plot, 6 to 8 cuttings with an area of 0.0625 m^2 were taken and disassembled according to the species composition.

To determine the effect of the regime, we used linear regression models with a mixed effect (package *nlme* in the R statistical environment). The biomass of vascular plants was higher in the meadows with grazing and mowing. The biomass of mosses was higher in the protected areas. Although the ratio of functional groups preserved, there was a redistribution of the biomass of species within the group. The biomass of *Agrostis tenuis* Sibth. was higher, and the biomass of *Poa angustifolia* L., *P. pratensis* L., *Ranunculus acris* L., *Stellaria graminea* L. and *Veronica chamaedrys* L. was lower in the protected areas.

Влияние деятельности бобра на растительные сообщества пойм малых рек (Калужская область)

Захаров А.Д., Королькова Е.О.
Московский педагогический государственный университет, Россия, Москва
3391298@mail.ru

Известно, что деятельность бобра качественно и количественно изменяет видовой состав сосудистых растений пойм рек. В частности, за счёт эвтрофикации почвы.

Наше исследование проводились в окрестностях агро-биологической станции МПГУ «Лазинки» вдоль лесного ручья, впадающего в реку Мормозинка. По всей длине обследуемого участка, составляющего 6 км, были выявлены и закартированы 8 бобровых прудов, 7 из которых являлись нежилыми, с функционирующими и полуразрушенными плотинами.

Исследуемый участок поймы изначально занят черноольшаниками, то есть является в достаточной степени эвтрофным. После поселения бобра в конце 90-х годов XX века началось его затопление. Однако из-за незначительной площади поймы, и – соответственно – ограниченной доступности кормов, а также из-за деятельности человека, бобровые поселения здесь нестабильны: происходит периодическое разрушение плотин, и осушение прудов. Нас интересовало вернется ли растительное сообщество после осушения бобрового пруда к первоначальному состоянию?

В мае–июне 2016 года нами заложены пробные площади 10×10 м (некоторые 20×20 м), всего 5 ПП. Все наши ПП закладывались непосредственно у уреза воды ручья (контроль) или на обсыхающей части бобрового пруда.

Растительное сообщество на участке поймы, не заселенном бобрами, относится к *Glutinoso-Alnetum urticosum*: в древесном ярусе доминирует *Alnus glutinosa*, в травяно-кустарничковом – *Urtica dioica* (содоминанты – *Cirsium oleraceum, Impatiens noli-tangere*). После обсыхания бобровых прудов на изученном нами участке поймы происходит смена доминантов травяно-кустарничкового яруса: начинают преобладать осоки и другие влаголюбивые виды (например, *Deschampsia cespitosa*). Таким образом, *Glutinoso-Alnetum urticosum* сменяется *Glutinoso-Alnetum caricosum*.

Influence of the beaver's activity on the vegetation communities of minor river floodplains (the Kaluga Region)

Zakharov A.D., Korolkova E.O.
Moscow State Pedagogical University, Moscow, Russia

It is known that the beaver's activity changes the species composition of floodplain vascular plants qualitatively and numerically, because of soil eutrophication in particular.

The research was performed alongside the forested stream joining the Mormozinka river in the vicinity of the Moscow Pedagogical State University agrobiological station Lazinky. Throughout the length of the investigated area, which was equal to 6 km, 8 backwaters with functioning and nearly destroyed beaver dams were defined and mapped, 7 of them being uninhabited.

The investigated floodplain area was first filled by the stichy alder forest. That means that it is sufficiently eutrophic. After the beaver's colonization in the 90's of the XXth century its dumping began. However, because of the negligible floodplain area and respective limited nutriment availability, as well as the human activity the beaver's settlements here are unstable. From time to time the dams deteriorate and the drying of ponds occurs. We were interested if the plant community would return to the initial state after drying of the beaver's pond.

In May–June 2016 we set 5 10×10 m (some of them were 20×20 m) sample plots. All the sample plots were laid out close to the waterline of the stream (reference area) or in the drying part of the beaver's pond.

The vegetation community of the area not inhabited by the beavers belonged to *Glutinoso-Alnetum urticosum*: in the tree layer, the dominant species was *Alnus glutinosa*, in the field layer – *Urtica dioica*, the codominant – *Cirsium oleraceum, Impatiens noli-tangere*. In the investigated area, which was under the influence of the beaver's settlement, the dominant in the field layer changed. Sedges and other hygrophilous species predominated (e. g. *Deschampsia cespitosa*). Consequently, *Glutinoso-Alnetum urticosum* changed to *Glutinoso-Alnetum caricosum*.

Экологические ряды в подзоне типичных тундр
в районе возвышенности Вангурей (Большеземельская тундра, Ненецкий АО)

Иванова К.В.
Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
ivanova.xenia@ya.ru

Под экологическими рядами понимается особый тип структуры растительного покрова, характеризующийся устойчивым для данных условий поясным, мозаично-поясным или циклическим распределением фитоценозов или их комбинаций.

В июле 2017 года в экспедиции совместно с Лабораторией географии и картографии растительности Ботанического института РАН были проведены полевые работы в районе возвышенности Вангурей на северо-западе Большеземельской тундры Ненецкого АО. Холмисто-увалисто-ложбинный рельеф предопределяет развитие экологических рядов, связанных, прежде всего, с изменением режима увлажнения. Нами было встречено несколько вариантов таких рядов на исследуемой территории. На водоразделах по градиенту уменьшения увлажнения встречается следующая последовательность сообществ: "гигрофильное осоковое сообщество – ивняковое – мелкоерниковое – кустарничково-осоково-моховая тундра". На наиболее увлажненных местообитаниях встречены осоковые сообщества с доминированием в травяном ярусе *Carex aquatilis*. Занимают обычно небольшие выположенные понижения округлой формы (2–10 м). Осоковые сообщества окружены ивняками хвощево-моховыми, разнотравно-моховыми и осоковыми. Средняя высота кустарникового яруса – 0.5–2 м.

Ивняки обычно обрамлены узкой полосой (5–10 м) мелкоерниковых сообществ (*Betula nana)*. Это невысокие сообщества (до 0.5 м), представлены бруснично-морошково-сфагновыми и разнотравно-гилокомиевыми ерниками. На наиболее сухих умеренно дренируемых участках ерники сменяются кустарничково (*Dryas octopetala* subsp. *subincisa, Salix reticulata*) – осоково (*Carex arctisibirica*) – моховыми (*Hylocomium splendens* var. *alaskani*) сообществами, приуроченными к суглинистым почвам.

Ecological series in the subzone of the typical tundra
near the Vangurey Upland (Bolshezemelskaya Tundra, the Nenets Autonomous Region)

Ivanova K.V.
St. Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

Ecological series is a special type of structure of the vegetation cover that is characterized by cingulate, mosaic-cingulate or cyclic stable distribution of phytocoenosis or their combinations, steady for particular conditions.

The expedition together with the Laboratory of geography and cartography of vegetation of Komarov Botanical Institute, RAS, was organized to the area of the Vangurey Upland in Bolshezemelskaya Tundra of the Nenets autonomous region in July 2017. We observed several variations of such series on the explored territory. The development of the ecological series was predetermined by the hilly-truncated-hollow relief and mainly connected with the change in moistening regime.

Sedge communities with the dominance of *Carex aquatilis* occupied the most humidified habitats. These communities were surrounded by osier-beds horsetail-moss, forb-moss and sedge.

Osier-beds were usually framed with a narrow strip (5–10 m) of the finely dwarf Arctic birch (*Betula nana)*. These were low communities presented by cowberry-cloudberry-sphagnum and forb-hilocomium-dwarf Arctic birch. Forb (*Dryas octopetala* subsp. *subincisa, Salix reticulata*) – sedge (*Carex arctisibirica*) – moss (Hylocomium *splendens* var. *alaskani*) communities replaced dwarf Arctic birch on the drained driest sites.

Ecological series were also clearly allocated on the slopes of lakeside decreases. Sedge communities were at the bottom of a slope by the waterfront as a wide strip. Above on the relief, they were replaced by osier-beds. At the exit to a terrace, they were replaced by flat tuberous swamps.

Ecological series of communities in the valleys of the rivers and streams were systematically noted. Osier-beds were typical for a floodplain. Multispecies forb and forb-cereal phytocoenosis were usual on slopes and on the edge of a watershed.

Классификация растительности зарастающих обводненных карьеров Карелии

Канцерова Л.В.
Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия
Kancerova.L@mail.ru

На территории Карелии в подзоне средней тайги с 2009 года ведутся исследования по изучению растительного покрова обводненных карьеров (ОК). Всего исследовано 6 групп зарастающих ОК (Бесовецкие, Габозерские, Кондопожские, Соломенские, Сулажгорские и Сунские), в которых выполнено 591 описание. Классификация растительности построена на основе эколого-фитоценотического метода, где ассоциации выделены по доминирующим и содоминирующим видам, эдификаторам, постоянству видов и по представленности и роли эколого-ценотических групп видов.

В растительности карьеров выделено 20 ассоциаций, 4 из которых относятся к кустарниково-травяному

типу, а 14 к травяному. Выделенные синтаксоны были проанализированы с помощью кластерного анализа и ординации. Ниже приводим список ассоциаций ОК.

Ассоциация (Acc.) *Salicetum cinereae* – Herbae (35 описаний); Acc. *Salicetum phylicifoliae* – Herbae (30); Acc. *Salicetum myrsinifoliae*–Herbae (13); Acc. *Caricetum rostratae* (61); Acc: *Caricetum acutae* (27); Acc. *Caricetum vesicariae* (19); Acc. *Caricetum canescentis* – elongatae (13); Acc. *Cariceto rhynchophysae* (9); *Ribetum nigri* (5); Acc. *Calletum palustris* (93); Acc. *Equisetetum fluviatilis* (61); Acc. *Comaretum palustris* (51); Acc. *Scirpetum sylvatici* (48); Acc. *Phragmitetum australis* (35); Acc. *Typhetum latifoliae* (27); Acc. *Menyanthetum trifoliatae* (10); Acc. *Filipenduletum ulmariae* (14); Acc. *Potamogetum natantis* (13); Acc. *Glycerietum fluitanis* (11); Acc. *Eleocharitetum palustris* (6).

Выявлены две группы сообществ с *Carex nigra* и *C. aquatilis*, представленных 3-4 описаниями, синтаксономический статус которых будет определен после сбора дополнительного материала. Формирование растительного покрова зарастающих обводненных карьеров происходит в основном за счет активного расселения аборигенных видов растений (96 %).

Classification of the vegetation colonizing water-filled quarries in Karelia

Kantserova L.V.
Institute of Biology of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia

Surveys focused on the plant cover of water-filled quarries (WFQ) have been carried out in the middle taiga subzone of Karelia since 2009. Altogether 6 groups of overgrowing WFQ (Besovetskiye, Gabozerskiye, Kondopozhskiye, Solomenskiye, Sulazhgorskiye, and Sunskiye) were surveyed, and 591 relevés were produced. The vegetation classification was based on the ecological-phytosociological method, where associations were distinguished by dominant, co-dominant and edificator species, species constancy and by the contributions and roles of eco-coenotic groups of species.

Vegetation of the quarries fell into 20 associations, of which 4 were of the shrub-herbaceous type and 14 of the herbaceous type. The syntaxa were analyzed by cluster analysis and ordination. Below is the list of associations growing in WFQ.

Association (Assoc.) *Salicetum cinereae* – Herbae (35 relevés); Assoc. *Salicetum phylicifoliae* – Herbae (30); Assoc. *Salicetum myrsinifoliae* –Herbae (13); Assoc. *Caricetum rostratae* (61); Assoc. *Caricetum acutae* (27); Assoc. *Caricetum vesicariae* (19); Assoc. *Caricetum canescentis* – elongatae (13); Assoc. *Cariceto rhynchophysae* (9); Assoc. *Ribetum nigri* (5); Assoc. *Calletum palustris* (93); Assoc. *Equisetetum fluviatilis* (61); Assoc. *Comaretum palustris* (51); Assoc. *Scirpetum sylvatici* (48); Assoc. *Phragmitetum australis* (35); Assoc. *Typhetum latifoliae* (27); Assoc. *Menyanthetum trifoliatae* (10); Assoc. *Filipenduletum ulmariae* (14); Assoc. *Potamogetum natantis* (13); Assoc. *Glycerietum fluitanis* (11); Assoc. *Eleocharitetum palustris* (6).

The syntaxonomic status of two groups of communities with *Carex nigra* and *C. aquatilis*, represented by 3-4 relevés, will be specified after additional sampling. The plant cover of water-filled quarries was mostly formed through active dispersal of native plant species (96 %).

Динамика травяно-кустарничкового яруса и мохового покрова ельника зеленчукового через 4 года после гибели древостоя ели в очаге поражения короедом-типографом

Каплевский А.А.
Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, Москва, Россия
Dron_of_geobot@list.ru

Направления изменения лесной растительности в очагах усыхания ели после вспышек численности короеда типографа (*Ips typographus)* в 1999–2012 гг. в Московской области мало изучены. Применяемые сейчас сплошные санитарные рубки, приводят к образованию луговых сообществ на месте ельников.

Цель исследования – выявление особенностей изменения травяно-кустарничкового яруса и мохового покрова после гибели древостоя в сравнении с фитоценозом после вырубки сухостоя и исходным лесом.

В ходе работы, на территории Звенигородской биологической станции МГУ заложены постоянные пробные площади в трёх фитоценозах, возникших в ельнике зеленчуковом: с погибшим в 2012 г. древостоем ели, после сплошной вырубки ели и в ельнике с живым древостоем. На каждой пробной площади сделано полное геоботаническое описание и заложены по три трансекты длиной 40 м. Вдоль линий этих трансект в 2014–2017 гг. проведено изучение встречаемости видов травяно-кустарничкового яруса и мохового покрова.

Сравнение видового состава ельника с погибшим и сохранившимся еловым древостоем ели показало, что при гибели ели число видов увеличилось незначительно, число ценотических групп видов не изменилось. На вырубке произошло резкое изменение видового состава. Число ценотических групп выросло в полтора раза, появились луговые и сорно-луговые виды.

Видовое богатство мхов на вырубке в полтора раза больше, чем в ельнике с погибшим или сохранившимся древостоем, при этом их встречаемость мхов в этом фитоценозе ниже, чем в исходном.

Ординация (DCA) показала, что общая динамика развития фитоценоза короедника направлена на восстановление сообщества, близкого к исходному. Большинство происходящих изменений в фитоценозе с сохранённым сухостоем ели носят количественный, а не качественный характер. Естественный ход

восстановления сообщества ведет к формированию устойчивого лесного сообщества уже в первые годы после гибели елей. Зарастание вырубки приводит к образованию мозаичного сообщества, значительно отличающегося от исходного.

The dynamics of herb and moss layers in 4 years after bark-beetle outbreak

Kaplevsky A.A.
Lomonosow Moscow State University, Moscow, Russia

The dynamics of forests damaged by bark beetle outbreaks in the Moscow region in 1999–2014 has been insufficiently studied so far. Today forestry uses clear-cutting, which causes phytocoenosis to change from forest to meadow type.

We studied the dynamics of spruce forest with the undergrowth of *Corylus avellana* L. on three permanent sample plots in 2014–2017 at Zvenigorod biological station, the Moscow region. We carried out a 4-year research into the dynamics of herb and moss species frequency in dead unharvested spruce forest and in clear-cut, compared with undamaged forest. Ordination (DCA) of the herb and moss layers of sample plots was done for permanent plots (undamaged, unharvested, and clear-cut). Ordination of the vegetation showed the direction of dynamics of the undamaged forest to the unharvested stand, and the difference of these phytocoenoses from clear-cut. Clear-cut vegetation showed quite a different direction of development compared to the undamaged forest.

Вариабельность значений морфологических признаков ценопопуляций *Adonis vernalis* L. на юго-западе Среднерусской возвышенности

Кирилова И.А., Кирилов Д.Ю.
Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия
ira.coniaewa@yandex.ru, dima515543@yandex.ru

Целью исследования было изучение вариабельности ряда морфологических признаков в ценопопуляциях *Adonis vernalis* L. на юго-западе Среднерусской возвышенности, в пределах административных границ Белгородской области. Исследовались следующие морфологические признаки: высота надземной части растений, диаметр цветка, длина нижнего листа, ширина нижнего листа, длина и ширина листа в средней части стебля, длина верхнего листа, ширина верхнего листа, длина осевого корня, общее количество цветков.

Сравниваемые по структуре морфологических признаков ценопопуляции *Adonis vernalis* L. произрастали в природных и квазиприродных местообитаниях. В лугово-разнотравных сообществах природных местообитаний, доля присутствия вида была в пределах 70–80%. Статистический анализ позволил установить, что в природных ценопопуляциях *Adonis vernalis* L. наиболее вариабелен признак общее количество цветков, максимальная ошибка среднего 0.94, ошибка квадратичного отклонения 0.66, максимальный коэффициент вариации не превышал 38.8%. Невысокие значения коэффициента вариации подтверждают достоверность описываемых признаков. В квазиприродных экотопах проективное покрытие *Adonis vernalis* L. составляло в среднем 60–70%. Общее количество цветков на растении, оказалось наиболее вариабельным признаком. По этому параметру коэффициент вариации составил 33.4%, ошибка среднего арифметического 0.71, ошибка квадратичного отклонения 0.50.

Выявлено, что в природных и квазиприродных местообитаниях наиболее вариабельным признаком являлось общее количество цветков, что объясняется наличием в ценопопуляциях генеративных особей разных стадий, а также неравномерность зацветания побегов *Adonis vernalis* L.

Variability of values of morphological characteristics of coenopopulations of *Adonis vernalis* L. in the south-west of the Central Russian Upland

Kirilova I.A., Kirilov D.Yu.
Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Our aim was to study the variability of a number of morphological characteristics in the cenopopulations of *Adonis vernalis* L. in the south-west of the Central Russian Upland, within the administrative boundaries of the Belgorod region. The following morphological features were studied: the height of the aboveground part of plants, the flower diameter, the length of the lower leaf, the width of the lower leaf, the length and width of the leaf in the middle of the stem, the length of the upper leaf, the width of the upper leaf, the length of the axial root, and the total number of flowers.

The cenopopulations of *Adonis vernalis L.*, compared by the structure of their morphological features, are indigenous to natural and quasi-natural habitats. In forb-rich meadow communities of natural habitat the proportion of the species was in the range of 70–80%. Statistical analysis allowed us to conclude that in natural cenopopulations of *Adonis vernalis* L. the total number of flowers was the most variable characteristic: the highest error of mean 0.94, the error of the standard deviation 0.66, and the maximum coefficient of variation did not exceeded 38.8%. Low values of the coefficient of variation confirmed the reliability of the described features. In quasi-natural habitats, the average percentage coverage of *Adonis vernalis* L. was 60–70%. The most variable characteristic was the total number of flowers on the plant. In this characteristic the coefficient of variation amounted to 33.4%, the error of the arithmetic mean of 0.71, the error of the standard deviation 0.50.

It was found that in natural and quasi-natural habitats the most variable characteristic was the total number of flowers, which could be explained by the presence of generative individuals of different stages in the cenopopulations, as well as uneven flowering of shoots of *Adonis vernalis* L.

Разнообразие подлеска и травяно-кустарничкового яруса на границах урбанизированных южнотаежных лесов

Коржиневская А.А., Веселкин Д.В.
Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия
melnikova_aa@ipae.uran.ru, denis_v@ipae.uran.ru

Анализ разнообразия растительности урбанизированных территорий – актуальное направление геоботаники. Цель: сравнить проявление краевого эффекта дляы параметров видового разнообразия подлеска и травяно-кустарничкового яруса в пригородных и урбанизированных лесах крупного города (Екатеринбург; 1.5 млн. жителей).

Для оценки краевого эффекта использован метод трансект. Трансекты заложены от границ лесных фрагментов (дорога, пустырь) в глубь на 90–268 м. В июне–августе 2016–2017 гг. выполнено 236 геоботанических описаний на постоянных пробных площадях размером 400 м^2. Исследованы сосновые леса лесопарка Юго-Западный г. Екатеринбурга (14 трансект, n=129) и окрестностей (15 трансект, n=107).

Краевой эффект для α-разнообразия травяно-кустарничкового яруса обнаружен и он обусловлен наличием синантропных видов, приуроченных к краевым зонам. Как в пригородных, так и в урбанизированных лесах основа этой группы – апофиты (*Urtica dioica*, *Veronica chamaedrys*, *Chamaenerion angustifolium* и др.). Участие адвентивных видов (*Chenopodium album*, *Artemisia absinthium*, *Lolium perenne* и др.) в травяно-кустарничковом ярусе незначительно (в среднем менее 1 вида на 400 м^2) и они присутствуют, главным образом, на границах лесных массивов. γ-разнообразие травяно-кустарничкового яруса урбанизированных лесов в целом ниже (186 видов), чем пригородных (221 вид). Однако, и в городе, и за городом γ-разнообразие травянистых растений на границах выше, чем внутри лесов.

Краевой эффект для видового богатства подлеска не обнаружен. γ-разнообразие подлеска урбанизированных лесов выше (53 вида), чем пригородных (46 видов), за счет заметного участия адвентивных видов (*Acer negundo*, *Malus baccata*, *Amelanchier spicata* и др.). При этом α-разнообразие адвентивных древесных не меняется в градиенте краевого эффекта.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института экологии растений и животных УрО РАН и при поддержке Комплексной программы УрО РАН (проект 18-4-4-24).

Diversity of the undergrowth and field layer on the stand edges of urbanized southern boreal forests

Korzhinevskaya A.A., Veselkin D.V.
Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural Branch of the the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

The analysis of vegetation diversity in urban areas is an urgent topic in geobotany. The purpose is to compare the manifestation of the edge effect for the species diversity characteristics of the undergrowth and the field layer in the suburban and urbanized forests of a large city (Ekaterinburg, 1.5 million people).

The transect method was used to assess the edge effect on vegetation. Transects are series of plots conjugated in a line of 90–268 m from the edge (road, wasteland) into the forest stand. In 2016–2017 the 236 relevés were made on round plots of 400 m^2. Pine urban forests of Ekaterinburg (14 transects, n=129) and neighborhoods of the city (15 transects, n=107) were investigated.

The edge effect for the α-diversity of the field layer was detected, and it was due to the higher number of synanthropic species near the edge. In both suburban and urbanized forests, apophytes (*Urtica dioica*, *Veronica chamaedrys*, *Chamaenerion angustifolium*, etc.) made up the majority of this group. The participation of alien species (*Chenopodium album*, *Artemisia absinthium*, *Lolium perenne*, etc.) in the field layer was insignificant (on average less than one species per 400 m^2), and they were mainly present on the forest edges. Overall, in urbanized forests, the γ-diversity of the field layer was lower (186 species) than in suburban ones (221 species). However, both in the city and outside the city, the γ-diversity of herbaceous plants at the edges was higher than inside the forests.

The edge effect for the species richness of the undergrowth was not detected. The γ-diversity of the undergrowth in urbanized forests is higher (53 species) than in suburban ones (46 species), due to the significant participation of alien species (*Acer negundo*, *Malus baccata*, *Amelanchier spicata*, etc.). The α-diversity of the alien woody plants did not change in the gradient of the edge effect.

The work was carried out within the framework of the state assignment of the Institute of Plant and Animal Ecology, UrB RAS and with the support of the Comprehensive Program of the UrB RAS (Project 18-4-4-24).

Ивовые сообщества возвышенности Вангуреймусюр (Ненецкий АО)

Кочергина А.Г.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
kocherginaang@gmail.com

В 2017 году проведены геоботанические описания (47) ивовых сообществ на возвышенности Вангуреймусюр в подзоне типичных тундр, в континентальных условиях Большеземельской тундры.

В рамках классификации Браун-Бланке выделены три группы сообществ: моховые, разнотравные и осоковые ивняки, предварительно соответствующие рангу ассоциации. В дифференцирующих комбинациях видов этих групп – травы и мхи. В кустарниковом ярусе содоминируют *Salix glauca* и *S. lanata.*, а в условиях проточного увлажнения также *S. phylicifolia.*

В группе моховых (покрытие мхов 50–90%) ивняков несомненным доминантом напочвенного покрова является мезофитный *Hylocomium splendens*, в травяном ярусе всегда есть *Equisetum arvense*, *Ranunculus propinquus*, *Saussurea alpina*. Группа не однородна по видовому составу, что хорошо отражает экологические условия. В местообитаниях с затрудненным дренажем в моховом покрове вместе с *Hylocomium splendens* постоянны гигрофиты *Aulacomnium palustre* и *Sphagnum warnstorfii*, а в травяном ярусе обильна *Rubus chamaemorus*. При умеренном дренаже в покрове больше трав, с высокой константностью встречаются *Cortusa matthioli, Bistorta vivipara, Festuca ovina, Poa palustris, Trollius europaeus, Viola biflora*. В разнотравной группе ивняков моховой покров 5–30%, в травянистом ярусе константны мезо- и гигрофиты *Achillea millefolium, Cardamine pratensis, Chrysosplenium alternifolium, Equisetum palustre, Geum rivale, Geranium albiflorum, Myosotis palustris, Polemonium acutiflorum, Viola epipsila*. Эти сообщества занимают местообитания с богатыми почвами и умеренным увлажнением. Осоковые ивняки с доминированием *Carex aquatilis* subsp. *stans* формируются при проточном увлажнении. В моховом покрове постоянны *Marchantia polymorpha, Sanionia uncinata, Rhizomnium pseudopunctatum.* В травяном ярусе всегда есть гигрофиты *Comarum palustre, Equisetum palustre, Viola epipsila.*

Willow communities of the Vangureimusiur Upland (the Nenets Autonomous Region)

Kochergina A.G.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

In 2017, 47 relevés of willow communities were carried out in the continental conditions of the Vangureimusiur Upland in the subzone of typical tundra.

Within the Braun-Blanquet classification, three groups of communities were distinguished: moss, mixed-herb, and sedge willows, which had a prior rank of association. Differentiating combinations of the species of these groups were herbs and mosses. In the shrub layer *Salix glauca* and *S. lanata* co-dominated. *S. phylicifolia* appeared in the conditions of flowing moistening.

In the group of moss willows (moss coverage was 50–90%), the obvious dominant of the ground layer was the mesophyte *Hylocomium splendens*, in the herb layer there always were *Equisetum arvense* subsp. *boreale, Ranunculus, Saussurea alpina, Valeriana capitata.* The group was not homogeneous in species composition, which reflected well the ecological conditions. In habitats with difficult drainage, the moss cover consisted of *Aulacomnium palustre*, *Sphagnum warnstorfii*, and *Hylocomium splendens*; *Rubus chamaemorus* was abundant in the herbaceous cover. With moderate drainage, the herb layer was more abundant. In such conditions with high constancy there were *Cortusa matthioli, Bistorta vivipara, Festuca ovina L., Poa palustris, Trollius europaeus,* and *Viola biflora*. In the mixed herbaceous group of willows, moss layer was 5–30%, in the herb layer with high constancy there were mesophytes and hygrophytes such as *Achillea millefolium, Cardamine pratensis, Chrysosplenium alternifolium, Equisetum palustre, Geum rivale, Geranium albiflorum, Myosotis palustris, Polemonium acutiflorum,* and *Viola epipsila.* These communities occupied habitats with rich soils and moderate moisture. Willow communities with dominance of *Carex aquatilis* subsp. *stans* were formed during flow humidification. Such species as *Marchantia polymorpha, Sanionia uncinata,* and *Rhizomnium pseudopunctatum* were constant in the moss layer. In the herb layer there always were hygrophytes *Comarum palustre, Equisetum palustre,* and *Viola epipsila*.

Пространственно-структурная организация растительности участка широколиственного леса в государственном природном заповеднике «Белогорье»

Кузьмина Ю.В., Чеснокова П.Д.
Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
yulianka_kuzmina@mail.ru, tniapp@yandex.ru

Некоторые особенности пространственной организации древесного яруса, подроста и травянистого покрова ландшафта нагорной дубравы исследованы на территории заповедника «Белогорье» Белгородской области. В работе проанализированы данные трех трансект, заложенных по склонам и выровненной вершине лесной балки. Древостой и подрост изучены на площадях – 400 м^2 (всего 11); травянистый покров – на мелких площадках 0.25 м^2 (всего 110). Данные по встречаемости и проективному покрытию были проанализированы с помощью непараметрических критериев пакета программ Statistica 6.0.

Анализ экологических групп видов демонстрирует относительную выравненность условий под пологом широколиственного леса, где превалируют тенелюбивые корневищные мезофиты и мезотрофы, тяготеющие к почвам с нейтральной реакцией среды. При этом наибольшие различия в видовом составе травянистого яруса наблюдаются между вершиной и склонами балки. Коэффициент Жаккара составил 31% для вершины и ю-в склона и 24% для вершины и с-з склона.

Несмотря на различия в экспозиции (с-з и ю-в), склоны оказались наиболее сходными по видовому составу (74%). Общим доминантом на склонах и вершине балки является *Viola suavis*. В качестве содоминантов на ю-в склоне добавляются *Carex pilosa, Galium aparine, G. odoratum*; на с-з склоне – *Stellaria holostea*, а на вершине – *S. holostea* и *C. pilosa*. Среди древесных пород видом-доминантом для обоих склонов и вершины балки является *Quercus robur*. В то же время на вершине и с-з склоне присутствует вид-содоминант *Fraxinus excelsior*. Наиболее многочисленным в подросте является *Acer platanoides*. *Tilia cordata* и *Fraxinus excelsior* также хорошо возобновляются, как на склонах, так и на вершине балки, но в меньших количествах.

Таким образом, несмотря на сходные экологические требования видов дубравы, топологические особенности местности могут служить причиной гетерогенности фитоценозов и лесного покрова в целом.

Spatial-structural organization of the vegetation of the broad-leaved forest in the Belogorye State Nature Reserve

Kuzmina Yu.V., Chesnokova P.D.
St. Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

Some features of spatial organization of the forest stand, undergrowth and grass cover of the upland oak forest landscape have been investigated on the territory of the Belogorye reserve in the Belgorod Region. The data of the three transects laid on the slopes and leveled at the top of the forested gully were analyzed. The forest stand and undergrowth were studied in the areas of 400 m^2 (11 in total), the field layer – on small areas of 0.25 m^2 (110 in total). The data on the frequency and percentage coverage were analyzed using nonparametric criteria of the Statistica 6.0 software package.

The analysis of ecological groups of species demonstrated relative leveling of conditions along the canopy of the broad-leaved forest. Here, the shade-loving rhizome mesophytes and mesotrophs were the most common. They were attracted by soils with neutral reaction of the environment. The greatest differences in the species composition of the field layer were observed between the top and the slopes of the gully. The Jaccard index was 31% for the top and southeastern slope and 24% for the top and northwestern slope.

Despite the differences in aspect, the slopes showed the greatest similarity in species composition (74%). The common dominant species of the gully was *Viola suavis*. Codominants on the southeast were *Carex pilosa, Galium aparine, G. odoratum*; on the northwest – *Stellaria holostea*, and on the top – *S. holostea* and *C. pilosa*.

Among tree species, the dominant was *Quercus robur*. At the same time, there was *Fraxinus excelsior* as codominant on the top of the gully and at its northwestern slope. The most numerous tree of the undergrowth is *Acer platanoides*. *Tilia cordata* and *Fraxinus excelsior* were also well reproduced both on the slopes and on the top of the gully, but in smaller quantities than *Acer platanoides*.

Thus, in spite of similar ecological requirements of the species of oak forests, the topological features of an area could account for heterogeneity of phytocoenoses and forests as a whole.

Голоценовая история горных лесных экосистем Восточной Африки на примере лесного массива Харенна (горы Бале, Эфиопия)

Кузьмичёва Е.А.
Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва, Россия
kuzmicheva.evgeniya@gmail.com

Лесной массив Харенна расположен на южном макросклоне гор Бале. Он относится к типу африканских влажных вечнозеленых горных лесов. Массив Харенна, как и все леса Восточной Африки, обладает ярко выраженной высотной поясностью. Одним из специфических является бамбуковый пояс, в котором преобладает восточноафриканский бамбук *Arundinaria (= Yushania) alpina* K. Schum. В работе предпринята попытка выяснить, являются ли монодоминантные бамбуковые сообщества в горах Восточной Африки первичным или вторичным типом растительности, для чего нами был проведен спорово-пыльцевой анализ (СПА) зоогенного отложения Кача, расположенного в бамбуковом поясе растительности (2700 м н.у.м.). Совместно с классическим методом СПА был проведен анализ непыльцевых палиноморф. Данные по их составу помогают уточнить и дополнить результаты СПА.

Полученные данные показали, что бамбуковые монодоминантные сообщества на южном макросклоне гор Бале существовали как минимум в течение последних 6500 лет, однако с окончанием Африканского влажного периода около 5000 л.н. произошло сокращение площадей, занимаемых ими. Аридизационный тренд усилился около 2500 л.н., о чем свидетельствует развитие лесов сухого типа и еще большее сокращение бамбуковых зарослей. Таким образом, сообщества из *Arundinaria alpina* можно считать первичным типом растительности, по крайней мере, для лесного массива Харенна, а причиной их сокращения – продолжающуюся аридизацию климата. Присутствие человека в массиве Харенна регистрируется в течение всех 6500 лет, однако в течение 5500 лет он мало влиял на экосистемы изучаемых территорий. Только около 1000 л.н. антропогенная активность значительно возросла: в первую очередь, с развитием скотоводства, а впоследствии (около 300 л.н.) с возделыванием зерновых культур.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ №16-34-00292, Совместной Российско-Эфиопской биологической экспедиции, Программы фундаментальных исследований Президиума РАН "Эволюция органического мира. Роль и влияние планетарных процессов".

Holocene history of East African mountain forest ecosystems: a case study in Harenna Forest (the Bale Mountains, Ethiopia)

Kuzmicheva E.A.
A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Harenna Forest is located on the southern macroslope of the Bale Mountains. It is classified as the moist evergreen Afromontane forest type. Harenna Forest, like all East African mountain forests, possesses a pronounced altitudinal zonation. Bamboo zone is characteristic for this forest type, dominated by the East African bamboo *Arundinaria (= Yushania) alpina* K. Schum. We attempted to figure out whether monodominant bamboo communities in East African mountains were primary or secondary vegetation type. We conducted spore-pollen and non-pollen palynomorphs (NNP) analyses of zoogenic deposit of Katcha cave located in the bamboo belt (2,700 m a.s.l.). Data on the content of NNP specify and supplement the spore-pollen results.

Our results showed that bamboo vegetation communities have existed for at least the last 6,500 years on the southern macroslope of the Bale Mountains. Diminishing of the bamboo thickets area occurred about 5,000 years BP, after the end of the African Humid Period (AHP). Aridization trend increased circa 2,500 years BP as evidenced by the development of the dry forest type and even a greater reduction of the bamboo thickets. *Arundinaria alpina* monodominant communities can be considered as a primary vegetation type, at least for Harenna Forest; the ongoing climate aridization is considered to be the reason of their diminishing. Human occupation in Harenna is recorded for at least 6,500 years, but it had an insignificant impact on the local ecosystems for at least 5,500 years. However, anthropogenic activity has increased dramatically 1,000 BP with the development of cattle breeding, and later (about 300 years) with crop cultivation.

This research was funded by the Joint Ethiopian-Russian Biological Expedition, the Russian Fund for Basic Research (Grant No. 16-34-00292) and the Russian Program "Origin and Evolution of the Biosphere".

Фитоценотическая структура сообществ *Glycerietum maximae* малых водотоков бассейна реки Припять

Мойсейчик Е.В.
Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси, Минск, Беларусь
e.mojsejchik@gmail.com

Вопросы изучения актуального состояния растительного покрова малых трансформированных водотоков (составляют более 90% гидрографической сети Беларуси) становятся значимыми в результате масштабной мелиорации, проведённой в прошлом столетии на территории Полесья.

В ходе исследований нами выделены сообщества *Glycerietum maximae* Nowiński 1930 corr. Šumberová, Chytrý et Danihelka in Chytrý 2011 прибрежных биотопов (занимают перенасыщенные влагой берега водотоков, мелководья, периодически в течение вегетационного сезона оказывающиеся не покрытыми водой) и водных биотопов.

В геоботанических описаниях видовой состав прибрежных сообществ с *Glyceria maxima* (Hartm.) Holmb описан 70 видами сосудистых растений (в описании 1–11 видов). Отмечено несколько вариантов сообществ отличающихся вертикальной структурой, но характеризующихся облигатным доминированием *Glyceria maxima*: моновидовые ценозы – проективное покрытие (ПП) составляет 95–100%, высота (h) – 1,5–1,7 м; олиговидовые сообщества с участием а) видов гигрофильного разнотравья (ПП которых достигает 5%, а их h 0,8–1 м), б) низкотравных гело- и гигрофитов с ПП 5–15% и h до 10–15 см), в) высокотравных гело- и гигрофитов (ПП которых составляет 10–15%); поливидовые сообщества с участием гигрофитов высотой до 0.8 м и ПП 5–15%).

В водной среде сообщества *Glycerietum maximae* слагаются меньшим числом видов: отмечено 15 видов сосудистых растений (1–6 видов в описании). Из-за меньшего числа видов, структура данных сообществ несколько проще, чем у исключительно прибрежных, но имеются определённые черты сходства. Ценотическая структура описанных нами сообществ имеет следующий вид: моновидовые сообщества с ПП доминанта 75–100% и h 1–1,2 м; олиговидовые сообщества с участием: а) гидрофильных видов, ПП которых достигает 5%, б) гигро- и гидрофильных видов с ПП 5–10%, в) *Lemna minor* L. (ПП 15–25%) и единичными макрофитами с плавающими на поверхности воды листьями.

Phytocoenotic structure of *Glycerietum maximae* communities of small watercourses of the Pripyat River basin

Mojsejchik E.V.
V.F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus
e.mojsejchik@gmail.com

The study of the current state of the vegetation cover of small transformed watercourses (more than 90% of the hydrographic network in Belarus) is significant due the large-scale melioration that took place in the last century in the Polesie territory.

During the study, we have identified the communities of *Glycerietum maximae* Nowiński 1930 corr. Šumberová, Chytrý et Danihelka in Chytrý 2011 of coastal biotopes (occupy water-oversaturated banks of watercourses, shallow water, periodically are not covered by water during the growing season), and of aquatic biotopes.

Species composition of the coastal communities with *Glyceria maxima* (Hartm.) Holmb consisted of 70 species of vascular plants (1–11 species in the geobotanical description relevé).

There were several variants of communities differing in vertical structure, but with obligatory dominance of *Glyceria maxima*: mono-species coenoses – the percentage coverage (PC) was 95–100%, the height (h) was 1.5–1.7 m; oligo-species communities with participation of a) hygrophytes (which PC reached 5% and their h was 0.8–1 m), b) low herbs helophytes and hygrophytes with PC 5–15% and h up to 10–15 cm, c) high herbs helophytes and hygrophytes (which PC was 10–15%); poly-species communities with hygrophytes up to 0.8 m in height and 5–15% PC).

In the aquatic environment, the Glycerietum maximae communities were composed of a smaller number of species. There were 15 species of vascular plants (1–6 species in the geobotanical descriptiona releve). Because of this, the structure of these communities was somewhat simpler than that of the exclusively coastal ones, but they had certain similarities. The coenotic structure of the described communities was as follows: mono-species communities with the dominant PC 75–100% and h – 1–1.2 m; oligo-species communities with the participation of: a) hygrophytes with PC up to 5%, b) hygrophytes and hydrophytes with PC 5–10%, c) *Lemna minor* L. (PC – 15–25%) and single macrophytes with floating leaves on the water surface.

Видовое разнообразие лиственничных лесов (из *Larix cajanderi* Mayr) вулканических плато Толбачинский Дол и Ушковский Дол (Камчатка)

Некрасов Т.Л.[1], Кораблёв А.П.[2]
[1] Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
[2] Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
timi4_95@inbox.ru, akorablev@binran.ru

Лиственничные леса произрастают на Камчатке в пределах Центральной Камчатской депрессии и являются здесь наиболее распространенной формацией в лесном высотном поясе (до 1000 м над у.м.). Известно, что вулканические извержения нарушают растительный покров и изменяют структуру сообществ. В данном исследовании мы постарались выяснить как мощные вулканические пеплопады влияют на видовое разнообразие (ВР) сосудистых растений в лесах. Мы проанализировали лиственничные сообщества в двух модельных районах: 1) импактный район – плато Толбачинский дол (ТД), на котором в течение последних 2 500 лет были мощные пеплопады, последний из них 43 года назад; 2) контроль – плато Ушковский дол (УД), на котором крупных извержений не происходило около 8 000 лет. Для анализа мы отобрали наиболее распространенные лиственничные сообщества: кустарниково-разнотравные, голубичные и беднотравные. Проанализировано 55 геоботанических описаний на ТД и 18 на УД, выполненных в сходных орографических условиях. На ТД мы отдельно выделили сильно- и средне-нарушенные сообщества. Мы оценили параметры альфа-, бета- и гамма-разнообразия сосудистых растений в лиственничных сообществах в разных типах местообитаний.

Число видов на единицу площади (400 м^2) в лиственничниках на УД составляет в среднем 33.2 (ст. откл. 5.12), что на 42% выше, чем на ТД. Все параметры альфа-разнообразия (число видов, индексы Симпсона и Шеннона, Числа Хилла 1 и 2) травяно-кустарничкового яруса на УД превосходят таковые на ТД. При этом сильно- и средне-нарушенные сообщества на ТД имеют незначимые различия. ВР кустарникового и древесного ярусов практически не различается. Бета-разнообразие лиственничников (расстояние Брея-Кертиса) с учетом обилия видов на УД немногим уступает средне-нарушенным лесам на ТД, тогда как без учета обилия на УД оно существенно ниже. В сильно-нарушенных лиственничниках бета-разнообразие наибольшее. Гамма-разнообразие наибольшее в сильно-нарушенных местообитаниях. Однако число видов – постоянных компонентов сообществ на УД больше. Вулканические пеплопады приводят к снижению альфа-разнообразия сосудистых растений в лесных сообществах, увеличивая при этом бета- и гамма-разнообразие в основном за счет редко-встречающихся видов пионерных растений.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 17-04-01754).

Species diversity of larch (*Larix cajanderi* Mayr) forests on the Tolbachinskii Dol and the Ushkovskii Dol volcanic plateaus (Kamchatka, Russia)

Nekrasov T.L.[1], Korablev A.P.[2]
[1] St. Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia
[2] Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

On the Kamchatka Peninsula, larch forests grow within the Central Kamchatka Depression. They are the most widespread communities in the forest belt up to 1000 m above sea level. Volcanic eruptions damage vegetation cover and affect the communities' structure. In this research, we showed how intense ash falls shift species diversity (SD) of vascular plants in forests. We analyzed larch communities in two model areas: 1) the impact area was the territory of the Tolbachinskii Dol Plateau (TD), where intense ash falls have been disturbing surroundings during the last 2 500 yrs.; the last eruption occurred 43 yrs. ago; 2) the reference area was the Ushkovskii Dol Plateau (UD), where strong eruptions did

not occur within the last 8 000 yrs. The most common larch communities (shrub–forb rich, *Vaccinium uliginosum*-dominated and poor-forb disturbed) were selected for analysis. There were 55 geobotanical descriptionsfrom TD and 18 from UD. All of these surveys were carried out in the same conditions. Since forests on the TD were damaged not uniformly, we divided them into moderately and severely disturbed ones. α-, β-, and γ-diversities of vascular plants were assessed for the distinguished sites.

The mean number of vascular plant species per plot (400 m^2) in larch forests on the UD was 33.2 (standard deviation was 5.12), while on the TD it was 42% less. For the storey of grasses and shrubs, all the α-diversity characteristics (species number, Simpson and Shannon indices, and 1 and 2 Hill numbers) on the UD exceeded those on the TD. The moderately and the severely disturbed communities on the TD did not differ significantly. Differences of SD of the understory and the tree layers in all the sites were not noticeable. In larch communities on the UD, β-diversity (Bray-Curtis dissimilarity) based on species abundance was slightly poorer than that of the moderately disturbed sites on the TD; while β-diversity calculated using the presence-absence data was much lower, β-diversity was the highest in the severely disturbed sites. A number of vascular taxa in larch forests (γ-diversity) was also the highest in the severely disturbed sites, but a number of frequent species (2 Hill number) was higher in undisturbed sites. Intense ash falls lead to a decrease of α-diversity of vascular plants in forest communities, while increasing β- and γ-diversities, mainly due to infrequent species.

This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research (project No. 17-04-01754).

Методы изучения растительности речных долин Большеземельской тундры

Нешатаев В.В.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
xssa@mail.ru

В настоящее время большое внимание уделяется развитию Арктических регионов Российской Федерации. Особо актуальным является изучение закономерностей растительного покрова (РП), отражающего взаимодействие ландшафтно-экологических факторов, и первостепенного для оценки территории в целях природопользования и охраны природы. Изучение территориальной дифференциации РП и его горизонтальной структуры является предметом теоретических дискуссий геоботаников, начиная с 60-х–80-х гг. XX века. Ими было разработано множество методик для описания сочетаний растительных сообществ и их типизации: фитоценохоры, комбинации, комплексы, серии, ряды и др.

Метод изучения дифференциации РП, основанный на симфитоиндикации по экологическим факторам, позволяет провести оценку сообществ, относящихся к разным синтаксонам, выявить условия их существования. Единицы пространственного сочетания экотопов, называемые экомерами, выделяются в пределах форм рельефа различной размерности, как микро-, мезо- и макрокомбинации РП; их названия даются по традиции симфитосоциологии. В дальнейшем, эти методы будут использованы в нашей работе для выявления закономерностей распределения растительных сообществ, отражающих эколого-ценотические характеристики экомеров и их экологическую специфику. В 2016–2017 гг. нами проведены полевые исследования растительного покрова долин разнотипных водотоков на территории Большеземельской тундры, в ходе которых выполнены геоботанические и почвенные описания, проведена геодезическая съемка склонов речных долин, отобраны образцы почв для лабораторного анализа. В дальнейшем с помощью дешифровочных методов ДЗЗ эти данные будут экстраполированы на всю территорию районов исследования для создания крупномасштабных карт растительности речных долин (масштаба 1:5000, 1:10000). На основе полученных данных будет разработана классификация растительности, необходимая для репрезентативного отображения растительности на крупномасштабных картах; на ее основе будет построена легенда.

Methods for studying the vegetation of the river valleys of the Bolshezemelskaya tundra

Neshataev V.V.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

At present, much attention is paid to the development of the Arctic regions of the Russian Federation. Of particular importance is the study of the patterns of the vegetation cover (VC), which reflects the interaction of landscape and environmental factors, and is essential in assessing the territory for the purposes of nature management and nature protection. The study of the differentiation of VC and its horizontal structure is the subject of theoretical discussions of plant ecologists, beginning since the 1960s–1980s. A variety of methods has been developed to describe different types of combinations of plant communities and identify their types.

The method of studying the differentiation of VC, based on symphytoindication of environmental factors, makes it possible to assess the communities belonging to different syntaxa, and to reveal the environmental conditions of their habitats. The units of spatial combination of ecotopes, called ecomers, are distinguished within the relief forms of various spatial levels, such as micro-, meso- and macrocombinations of VC; their names were given according to the tradition of symphytosociology. These methods will be used to establish the patterns of distribution of plant communities reflecting the ecology-coenotic characteristics of ecomers and their ecological peculiarities. Field studies of the vegetation cover were held in 2016–2017 years in the river valleys of different types of watercourses on the territory of the Bolshezemelskaya tundra. These data using the Remote Sensing decoding methods will be extrapolated throughout the study area to compile

large-scale vegetation maps of the river valleys (at scale 1:5000, 1:10000). Based on the data obtained, a classification of vegetation will be developed, which is necessary for the representative mapping of vegetation on large-scale maps; on its basis, a legend will be elaborated.

Особенности роста разных форм сосны обыкновенной в стрессовых условиях Северо-Двинского бассейна

Пинаевская Е.А., Тарханов С.Н., Прожерина Н.А.
Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. акад. Н.П. Лавёрова РАН, Архангельск, Россия

Исследована изменчивость радиального роста разных форм сосны обыкновенной (по типу апофиза, цвету микростробилов, габитусу кроны) в сосняках кустарничково-сфагновых Северо-Двинского бассейна. Постоянное избыточное увлажнение почв приводит к корневой гипоксии и гипотермии, что вызывает хронический стресс у древесных растений (Судачкова и др., 2012). Первые признаки изменений под воздействием стрессовых факторов могут быть обнаружены при изучении радиального прироста (Судачкова, 1998).

Сосна с «выпуклым» типом апофиза семенных чешуй превосходит форму с «плоским» типом по величине радиального прироста в 1.3–2.0 раза (усть-двинская, пинежская, важская, вычегодская популяции). В усть-двинской популяции до 20 лет и в 70–190-летнем возрасте ($t > t_{0.05}$) наблюдается преимущество сосны с «выпуклым» типом апофиза по сравнению с «плоским» типом, а в 20–70-летнем их показатели существенно не различаются. В пинежской и вычегодской популяциях превосходство сосны с «выпуклым» типом наблюдается на всем временном ряду. В важской популяции преимущество в росте формы с «выпуклым» типом проявляется только в спелом возрасте, а в молодом (до 20 лет) – превосходство имела форма с «плоским» типом апофиза.

Величина радиального прироста у сосны с красным цветом пыльников в возрасте 150–170 лет ниже на 24%, чем у желтопыльниковой формы ($t > t_{0.05}$). Камбиальная активность у деревьев краснопыльниковой формы выше, чем у деревьев с желтым цветом пыльников в более молодом возрасте (40–60 лет).

В усть-двинской и вычегодской популяции средняя величина радиального прироста «болотной» формы сосны в возрасте 150–160 лет ниже, чем у «обычной» сосны в 1.9–2.6 раза. Тенденция слабого роста у «болотной» формы наблюдается и во временных рядах.

Исследования выполнены в рамках государственного задания ФИЦКИА РАН (проект № 0409-2015-0141).

Features of growth of different forms of *Pinus sylvestris* L. under the stress conditions of the Northern Dvina Basin

Pinaevskaya E.A., Tarkhanov S.N., Prozherina N.A.
N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research, Arkhangelsk, Russia

We studied variability of the radial growth of different forms of *Pinus sylvestris* L. (according to the type of apophysis, the color of microstrobils, and the habitus of the crown) in the shrub-sphagnum pine forests of the Northern Dvina Basin. Constant overwetting of the soil leads to root hypoxia and hypothermia. This causes chronic stress in woody plants (Sudachkova *et al.*, 2012). The first signs of changes under the influence of stress factors can be found in the study of radial growth (Sudachkova, 1998).

It was revealed that the pine with the «convex» type of apophysis of the seed scales exceeded the «flat» type in the radial growth rate by 1.3–2.0 times. The advantage of pines with the «convex» type of apophysis in the ust-dvina population under 20 years of age and at the age of 70–190 years ($t > t_{0.05}$) was established. The indices of growth in the 20–70-year-old forms with different types of apophyses did not differ significantly. Throughout the time series, superiority of the pine with the «convex» type was observed in the pinega and vychegda populations. In the vaga population, advantage in the growth of the «convex» type appeared only at the ripe age and at the young age (up to 20 years), the «flat» type of apophysis being superior.

The magnitude of radial growth in pine f. (var.) *erythranthera* Sanio at the age of 150–170 years was lower by 24% than in f. (var.) *sulfuranthera* Kozubow ($t > t_{0.05}$). Cambial activity in f. (var.) *erythranthera* Sanio was higher than in the trees with yellow anthers at a younger age (40–60 years).

In the ust-dvina and vychegda populations, the average radial growth in the «marsh» form of the pine at the age of 150–160 years was 1.9–2.6 times lower than in the «normal» pine. The tendency of weak growth in the «marsh» form was also observed in time series.

The research was carried out within the framework of the state assignment of FCIARctic (project N 0409-2015-0141).

Флористическая и эколого-ценотическая характеристика разновозрастных сосняков мшистых пространственно-временного ряда (Гродненская Пуща)

Садковская А.И., Созинов О.В.
Гродненский государственный университет им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь
a_sadkovskaya@list.ru

Гродненская Пуща – крупнейший лесной массив северо-запада Беларуси (UTM: 34UFE$_3$). Сосновые леса составляют 89% от всей лесопокрытой площади Пущи (заказник Гродненская Пуща, 20,5 тыс. га) и представлены 12 типами леса IX классами возраста.

Основой данной работы послужили 6 пробных площадей (400 м^2, 2017 г.), заложенные в сосняках, сформированных на слабоподзолистых песчаных почвах, и принадлежащих к типу леса сосняк мшистый с возрастом древостоя 3, 16, 45, 65, 75 и 110 лет.

Флористический список фитоценозов составил 66 видов сосудистых растений, относящихся к 31 семейству, при доминировании Asteraceae и Poaceae; 12 видов мхов, принадлежащих к 8 семействам, основные – Bryaceae, Hylocomiaceae, Polytrichaceae и 4 вида лишайников (Cladoniaceae).

Отмечено, что по мере увеличения возраста древостоя наблюдается тенденция к возрастанию увлажнения, освещенности и снижению кислотности (по фитоиндикации Г. Элленберга). Изменчивость видового разнообразия сосняка мшистого (по индексу Шеннона, H) на пространственно-временном градиенте имеет нелинейный характер: минимальное значение при переходе от молодняка к жердняку (H_{log2}=3.2; 16 лет), максимальное на первых стадиях формирования древостоя (H_{log2}=4.2; 3 года). Средневозрастные, приспевающие и перестойные древостои образуют одну совокупность по степени видового разнообразия (H_{log2}=3.4–3.7, $p > 0.05$), что подтверждается и мерами флористического включения (на уровне 50%). Наиболее сильное влияние на видовое разнообразие и выравненность флористического состава отмечено по освещенности (η^2_H, % = 97.7±0.2, p=1.7*10^{-9}), которое связано с изменением сквозистости крон и плотностью подлеска и подроста (минимальная сквозистость 45% и максимальное обилие подроста/подлеска 3675 шт/га выявлено в сосняке 16 лет). Соответственно, на стадии жердняка происходит перестройка ценотической структуры формирующегося сосняка мшистого, которая в дальнейшем относительно устойчиво сохраняется.

Floristic and ecological-coenotic characteristics of moss pine forests of different ages (Grodnenskaya pushcha)

Sadkovskaya A.I., Sozinov O.V.
Yanka Kupala State University of Grodno, Grodno, Belarus
a_sadkovskaya@list.ru

Grodno dense virgin forest is the largest forest area in the north-west of Belarus (UTM: 34UFE$_3$). Pine forests make up 89% of the total wooded area (20.5 th hectares, the reserve "Grodnenskaja Pushcha") and are represented by 12 types of forest and IX classes of age.

The research was carried out on 6 sample plots (400 m^2, 2017), laid in the pine forests formed on weakly podzolic sandy soils and belonging to the type of pine forests with mosses with the age of the timber stand (TS) 3, 16, 45, 65, 75 and 110 years.

The floristic list of plant communites included 66 species of vascular plants belonging to 31 families, dominants being Asteraceae and Poaceae; 12 species of mosses belonging to 8 families, dominants being Bryaceae, Hylocomiaceae, Polytrichaceae, and 4 species of lichens (Cladoniaceae). It is noted that as the age of the TS grows, there is a tendency for moistening and illumination to increase and for acidity to decline. Variability of the species diversity (SD) of the pine forests with mosses (by the Shannon index, H) on the spatial-temporal gradient had a non-linear character: the minimum value during the transition from the young stand to the pole stand (H_{log2}=3.2; 16 years), the maximum at the first stages of the TS formation (H_{log2}=4.2; 3 years). Middle-ages, approaching maturities and declining TS form one unit by the degree of SD (H_{log2}=3.4–3.7, $p>0.05$), which is confirmed by the measures of floristic inclusion (at the level of 50%). The SD and the evenness of floristic composition were most strongly affected by illumination (η^2_H, % = 97.7±0.2, p=1.7*10^{-9}). This phenomenon was accounted for by changes of the crown transparency and the density of advance growth (minimum transparency of 45% and maximum abundance of the advance growth of 3675 pcs/ha were found in the 16-year-old pine forest). Accordingly, at the stage of the pole stand, the coenotic structure of the emerging pine forests with mosses is being restructured and remains stable for a long time.

История формирования растительности острова Карлайл (Алеутские острова, Аляска) в течение последних 7 300 лет

Смышляева О.И., Кузьмичёва Е.А., Васюков Д.Д., Хасанов Б.Ф., Крылович О.И., Савинецкий А.Б.
Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва, Россия
smyslyaevaol@gmail.com

Изменения окружающей среды в северной части Тихого океана даёт ключ к пониманию основных этапов в истории формирования растительности Алеутских островов. Изучение торфяных отложений в контексте его стратиграфии и сопоставление данных о биотических и абиотических сигналах позволяют восстанавливать особенности экосистем и условия окружающей среды в прошлом. В 2015 году мы отобрали колонку CR-03 из торфяника на северо-востоке острова Карлайл. Отложение изучали с использованием спорово-пыльцевого метода, анализа стабильных изотопов углерода и азота, соотношения C / N, FT-IR (инфракрасной спектрометрии) и ^{14}C датирования. Торф начал формироваться ~ 7300 л.н. Основываясь на стратиграфически ограниченном кластерном анализе (CONISS), мы выделили две палинзоны (7300–6100 и 6100–0 л.н.), верхняя палинозона подразделяется на две подзоны (6100–2450 и 2450–0 л.н.). Начальным этапом в истории прибрежных местообитаний острова Карлайл

были сообщества вересковых кустарничков. Подобные растительные группировки присутствовали в это время на других островах. Мы предполагаем, что 7300–6100 л.н. климат был более суровым; в частности, преобладали более сильные ветры. Значительные изменения окружающей среды произошли примерно 6100 л.н. в сторону более влажных условий. Однако, другие изменения растительности, не могут быть непосредственно связаны с климатом, в том числе из-за регулярной вулканической активности и её воздействия на растительные сообщества. Уменьшение $\delta^{15}N$ около 6900 л.н. может указывать на время начала заселения острова Карлайл людьми. Относительно высокие значения ^{15}N, наблюдаемые с 6900 л.н., отражают эффект обогащения торфа азотом колониями гнездящихся морских птиц. Колонии продолжали существовать, несмотря на присутствие человека. В первой палинозоне также отмечена пыльца Apiaceae и споры папоротников, которые на современных островах часто растут рядом с местами гнездования. Этот сценарий продолжался до самых значительных региональных вулканических извержений, представленных тефрами Okmok II и CR-02, датированными 1900 и 1100 л.н., соответственно. Оба извержения значительно уменьшили поселение людей в районе торфяника CR-03 и, как следствие, их влияние на морских птиц, что привело к восстановлению крупной колонии.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-04-00782, Программы фундаментальных исследований Президиума РАН "Эволюция органического мира. Роль и влияние планетарных процессов".

7,300-year vegetation history on Carlisle Island (the Aleutian Islands, Alaska)

Smyshlyaeva O.I., Kuzmicheva E.A., Vasyukov D.D., Khasanov B.F., Krylovich O.A., Savinetsky A.B.
Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Understanding North Pacific environmental changes provides clues to the main episodes in the vegetation history of the Aleutian Islands. Studying peat deposits by combining proxy data from biotic and abiotic signals within a sedimentology context is a promising way to reconstruct past ecosystems and the environment. During 2015 we collected the CR-03 core from the peatland on northeastern Carlisle Island. The column was studied using pollen, carbon and nitrogen stable isotopes, C/N ratio, FT-IR analyses and ^{14}C dating. The peat deposit began forming ~7300 cal yr BP. Based on the stratigraphically constrained cluster analysis (CONISS), we defined two palynozones (7300–6100 and 6100–0 cal yr BP), the upper palynozone was subdivided into two subzones (6100–2450 and 2450-0 cal yr BP). The heath plant communities comprised the initial stage in the environmental history of Carlisle Island coastal habitats. Similar vegetation patterns on the other islands suggest a generally more severe climate 7300–6100 cal yr BP, in particular stronger winds. The proxy data show that significant environmental changes occurred about 6100 cal yr BP toward more humid conditions. However, other vegetation changes observed in the CR-03 core cannot be directly associated with climate due to the regular volcanic activity and its influence on vegetation varieties, growth, and decomposition. A decrease in $\delta^{15}N$ circa 6900 cal yr BP could indicate that humans colonized Carlisle Island around that time. Relatively high values of ^{15}N observed since 6900 years onward reflect that the fertilizing effect of seabird nesting colonies continued despite human predation on birds. It should be noted that the communities of nitrophilous plants with a predominance of Apiaceae and ferns are abundant in the 1st palynozone. This scenario lasted until the most significant regional volcanic eruptions, which deposited Okmok II, and CR-02 tephra layers dated 1900 and 1100 cal yr BP respectively. Both ash falls significantly decreased human populations in the vicinity of CR-03 peatland and decreased hunting pressure on the sea birds. Ultimately, our goal was to assess human migration, climate change, and geologic hazards such as volcanic eruptions, as important driving forces that changed the vegetation history and peat accumulation.

This research was funded by the Russian Fund for Basic Research (Grant No. 18-04-00782) and the Russian Program "Origin and Evolution of the Biosphere".

Естественность как критерий природоохранной ценности растительных сообществ Ленинградской области

Сукристик В.А., Сумина О.И.
Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
v.sukristik@spbu.ru, o.sumina@spbu.ru

Естественность (naturalness) – одно из ключевых понятий современной охраны природы и широко применяется в качестве критерия оценки природоохранной ценности местообитаний и растительных сообществ, особенно в работах европейских исследователей. Однако использование данного критерия осложнено его неоднозначностью. Традиционно естественность экосистемы определяется как степень соответствия ее состояния исходному природному (девственному), не нарушенному деятельностью человека. Соответственно, для оценки естественности зачастую используют такие показатели, которые отражают наличие и степень антропогенных нарушений сообщества и характеризуют изменение его структуры, причем эти показатели разработаны главным образом для лесных сообществ.

Цель нашего исследования – оценка применимости критерия естественности для определения природоохранной ценности различных типов растительных сообществ. На примере охраняемых и предлагаемых к охране сообществ Ленинградской области, относящихся к лесному, луговому, болотному и другим типам растительности, были проанализированы такие рекомендуемые к использованию показатели естественности, как наличие следов антропогенных нарушений экотопа и растительного сообщества; наличие рудеральных и

адвентивных видов сосудистых растений в его составе; соотношение различных эколого-ценотических групп сосудистых растений в структуре сообщества.

Результаты применения указанных показателей продемонстрировали возможность разделения изученных растительных сообществ по степени их естественности на несколько групп. В то же время установлено, что не все показатели являются универсальными, т.е. в равной мере применимыми для сообществ различных типов растительности. К таковым ожидаемо относятся наличие признаков антропогенных нарушений экотопа и собственно сообщества, а также присутствие антропофитов. Особенности эколого-ценотической структуры сообществ специфичны, и для оценки естественности их следует анализировать отдельно для каждого типа растительности.

Naturalness as a conservation assessment criterion for plant communities of the Leningrad region

Sukristik V.A., Sumina O.I.
St. Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

Naturalness is one of the key concepts of modern conservation biology and is widely used as a conservation assessment criterion for habitats and plant communities, especially by European researchers. However, the ambiguity of the concept complicates its application as a criterion. Naturalness is traditionally defined as the similarity of the current state of an ecosystem with its original natural (pristine) state, undisturbed by man. So naturalness is assessed with indicators that reflect the presence and extent of the human impact on the community and describe its structural changes, with such indicators being developed mainly for forests.

The objective of our research is to evaluate the applicability of naturalness for the assessment of conservation value for different types of plant communities. Woodlands, grasslands, wetlands and other plant communities of the Leningrad region that are protected or proposed for protection have been evaluated with such recommended indicators of naturalness as the presence of signs of ecotopic and community disturbances caused by man, the presence of weed and adventive vascular plants in floristic composition and the ratio of different ecological-coenotic groups of vascular plants in the community structure.

The results of the application of these indicators demonstrate the possibility of dividing the plant communities into several groups by their degree of naturalness. Nevertheless, not all indicators are equally applicable for different communities. Expectedly universal is the presence of signs of human impact as well as the presence of antropophytes. Meanwhile the ecological-coenotic structure is specific for different communities and should be analyzed separately for each vegetation type.

Оценка сезонной и разногодичной динамики затопления сообществ поймы Оби (профиль у Барсовой Горы близ Сургута)

Федорова А.В., Тюрин В.Н.
Сургутский государственный университет, Сургут, Россия
Fedorova-a.v@mail.ru

Исследование приурочено к 135-метровому профилю, заложенному в 2016 г. в пойме р. Обь в 7 км западнее г. Сургут. Он проходит от гривы к сору через 8 сообществ: разнотравное (*Anemonidium dichotomum* + *Sanguisorba officinalis*), разнотравно-злаковое (*Phalaroides arundinacea* + *Veronica longifolia*), двукисточниково-остроосоковое (*Phalaroides arundinacea* + *Carex acuta*), двукисточниковое, остроосоковое, водноосоковое (*Carex aquatilis*), сусаковое (*Butomus umbellatus*) и рдестовое (*Potamogeton perfoliatus*). В 2017 г. выполнена нивелировка профиля, данные сопоставлены с гидропостом Сургута за 10 лет (2007–2017 гг.), исключая нетипично маловодный 2012 г. Цель работы: оценить длительность, размах, частоту затопления сообществ на профиле.

Исследования показали следующее. Разнотравный луг за 10 лет заливался 2–4 (в среднем 2.6) раза в среднем на 12 дней, максимальная высота затопления составила 132 см (2015 г.). Разнотравно-злаковый луг за тот же период заливался 5–8 (6.7) раз в среднем на 29 дней на высоту до 169 см. Двукисточниково-остроосоковое сообщество затапливалось 8 раз в среднем на 42 дня, максимум на 196 см. Двукисточниковое сообщество расположено на переходе к ежегодно заливаемой поверхности и в среднем затапливалось 9.6 раза на 57 дней до 248 см. Остроосоковое сообщество находится в зоне ежегодного затопления на высоту до 276 см в среднем на 72 дня. Для водноосокового сообщества средняя продолжительность затопления составила 78 дней, максимум затопления 336 см. Для сообщества сусака соответственно 82 дня и 356 см, для рдеста – 86 дней и 399 см.

Развитие разнотравных и разнотравно-злаковых и двукисточниковых лугов обычно не прерывается половодьем, иные фитоценозы развиваются после спада воды, при этом сообщества сусака и рдеста находятся в воде постоянно.

Assessment of seasonal and interannual flooding of plant communities in the Ob River floodplain (a profile near Barsova Gora hill, Surgut City)

Fedorova A.V., Tyurin V.N.
Surgut State University, Surgut, Russia

The research was carried out within the 135-meter profile laid out in 2016 in the Ob river floodplain (7 km west of Surgut). It ran from the elevation to the depression of the floodplain through eight communities: forb (*Anemonidium dichotomum* + *Sanguisorba officinalis*), forb-grass (*Phalaroides arundinacea* + *Veronica longifolia*), reed canary-grass – acute sedge (*Phalaroides arundinacea* + *Carex acuta*), reed canary-grass, acute sedge, water sedge (*Carex aquatilis*), flowering rush (*Butomus umbellatus*), and pondweed (*Potamogeton perfoliatus*). In 2017 leveling of the profile was performed, the data were compared with those of the hydrological station in Surgut for 10 years (2007–2017); atypically dry 2012 was excluded from the analysis. Our purpose was to estimate the duration, range and frequency of flooding of the communities on the profile.

The analysis of the data for 10 years showed the following. The forb meadow was flooded 2–4 times (an average of 2.6), on the average for 12 days; its maximum flooding height was 132 cm (2015). The forb-grass meadow during the 10-year period was flooded 5–8 (6.7) times, maximum up to 169 cm, on the average for 29 days. The reed canary-grass – acute sedge community was flooded 8 times, up to 196 cm, this lasted on average for 42 days. The reed canary-grass community was located on the transition to the annually flooded surface and was flooded 9.6 times on average for 57 days up to 248 cm. The acute sedge community is in the zone of annual flooding up to 276 cm; the average flooding lasts 72 days. The average duration of flooding for the water sedge community was 78 days, the maximum up to 336 cm. For the flowering rush community flooding lasted 82 days and 356 cm, and for the pondweed – 86 days and 399 cm, respectively.

Generally, flooding does not interrupt the development of the forb, the forb-grass, and the reed canary-grass meadows; other communities develop only after the decline of water. The flowering rush and the pondweed communities grow constantly in the water.

Ботанико-географические районы бассейна реки Свияги

Фролов Д.А.
Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова, Ульяновск, Россия
frolka-daniil@yandex.ru

Районирование является конечным результатом флористического исследования территории. Северная часть бассейна р. Свияги принадлежит к лесной зоне Северо-Приволжской провинции, южная часть относится к Среднерусской подпровинции Восточноевропейской лесостепной провинции. При ботанико-географическом районировании используется подход, основанный на выделении ареалов сукцессионных систем. Согласно такому подходу бассейн р. Свияги входит в состав одного из районов и далее разделен быть не может. Однако для полной инвентаризации необходимо провести разделение меньшей территории.

Районирование бассейна р. Свияги проведено на основе соотношения флористических комплексов, характера современного распространения видов флоры, с учетом геоморфологических, эдафических и геоботанических особенностей.

Согласно данному подходу, бассейн р. Свияги был разделён нами на 5 ботанико-географических районов, контуры которых совпадают с границами бассейнов рек-притоков р. Свияги: I. Мало-Свияжско-Атяшевский лесной район – располагается в южной части бассейна р. Свияги, включает истоки и верховье реки с небольшими притоками. II. Гуще-Ташёлковский лесостепной район – расположен в южной части объекта исследования и включает в себя бассейны основных притоков р. Свияги в её верхнем течении – р. Гущи и р. Ташёлки. III. Сельдинско-Бирючинско-Карлинский остепненный район – располагается в центральной части бассейна, занимает довольно большую площадь и включает в себя бассейны основных притоков р. Свияги в среднем течении. IV. Свияжско-нагорный лесной район – занимает восточную часть бассейна, включает в себя все правобережье р. Свияги вместе с бассейнами основных притоков. V. Була-Кубнинский лесной район – включает основную часть водосборного бассейна нижнего течения р. Свияги и устье реки вместе с бассейнами притоков низовья.

Отличие районов определяется не климатическими факторами, а строится на особенностях рельефа, характера растительного покрова и наличия дифференциальных видов растений.

Botanical-geographical regions of the Sviyaga River Basin

Frolov D.A.
Ulyanovsk State Pedagogical University named after I.N.Ulyanov, Ulyanovsk, Russia
frolka-daniil@yandex.ru

Botanical-geographical subdivision is the final result of a floral study of the territory. The northern part of the Sviyaga River basin belongs to the forest zone of the North Volga Province; the southern part belongs to the Central Russian subprovince of the Eastern European Forest-Steppe Province. In botanical-geographical subdivision, an approach based on the allocation of areas of succession systems is used. According to this approach, the river Sviyaga is part of one of the districts and cannot be further divided. However, for a complete inventory, it is necessary to divide a smaller area.

The division of the Sviyaga River basin was based on the ratio of floristic complexes, the nature of the current distribution of flora species, taking into account geomorphological, edaphic and geobotanical features.

According to this approach, the Sviyaga River basin was divided into 5 botanical-geographical regions, the outlines of which coincide with the boundaries of the Sviyaga river tributary basins. The following regions were distinguished: I. The Malo-Sviyazhsko-Atiashevsky forest area is located in the southern part of the Sviyaga River basin and includes

sources and the upper reaches of the river with small tributaries. II. The Gushche-Tashlyolsky forest-steppe region is located in the southern part of the research area and includes the basins of the main tributaries of the Sviyaga River in its upper reaches – the rivers Gushchy and Tasholka. III. The Seldinsky-Biryuchinsko-Karlinsky steppe region is located in the central part of the basin, occupies quite a large area and includes basins of the main tributaries of the Sviyaga River in the middle course. IV. The Sviyazhsko-highland forest area occupies the eastern part of the basin, includes all the right bank of the Sviyaga River along with the basins of the main tributaries. V. The Bula-Kubninsky forest area includes the main part of the drainage basin of the lower reaches of the Sviyaga and the mouth of the river together with the basins of the tributaries of the lower course.

The differences between areas were determined not by climatic factors, but based on the features of the relief, the nature of the vegetation cover and the presence of differential plant species.

О динамике растительности Прикаспия в условиях гидромелиорации (на примере Республики Калмыкия)

Харитонов Ч.С.
Калмыцкий государственный университет им. Б.Б. Городовикова, Элиста, Россия
ch.haritonov@mail.ru

Каналы в земляном русле в условиях пустынного климата и засоленных почв служат источником вторичного засоления и подтопления. В приканальных зонах в Яшкульском районе Республики Калмыкия изучалось влияние гидромелиорации на растительный покров методом ключевых участков. Исследования проводились в течение 2016–2017 гг. Участок расположен в центральной части Прикаспийской низменности, в пустынной зоне, между двумя действующими каналами, перпендикулярно которым проложен эколого-динамический профиль длиной 1,5 км.

В растительном покрове доминируют лерхополынные *(Artemisia lerchiana)* пустыни. Около каналов произошло засоление почв, которое привело к появлению солончаков, к поселению на них галофитов и к формированию галофитных сообществ.

На небольшом засолении возникли сантоникополынные *(Artemisia santonica*), кермеково-сантоникополынные (*Artemisia santonica, Limonium scoparium*), сведово-петросимониевые *(Petrosimonia oppositifolia, Suaeda salsa),* петросимониевые (*Petrosimonia oppositifolia*) сообщества. Почва среднесуглинистая, сухой остаток 0.296%, тип засоления – $Cl\text{-}SO_4$.

При увеличении засоления на гидроморфных солончаках сформировались солеросовые *(Salicornia perennans)* ценозы. В качестве субдоминантов в них принимают участие *Tripolium pannonicum, Suaeda acuminata, S. salsa*. Они занимают большую площадь. Механический состав почвы тяжелосуглинистый. Плотный остаток почв 3.348%, тип засоления хлоридный.

Вдоль кромки воды появились тростниковые (*Phragmites australis*) заросли и ситниковые (*Juncus gerardii*) сообщества.

Таким образом, в Прикаспии под влиянием гидромелиорации происходит галофитизация почвенно-растительного покровов. Лерхополынные пустыни в зоне влияния каналов заменяются галофитными сообществами на солончаках. Вдоль уреза воды по берегам каналов возникают прибрежно-водные ценозы (тростниковые заросли).

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-35-00398.

On the vegetation dynamics of the Pre-Caspian region in the conditions of hydro-amelioration (on the example of the Republic of Kalmykia)

Kharitonov Ch.S.
Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, Elista, Russia

Channels in the earthen waterway in conditions of desert climate and saline soils serve as a source of secondary salinization and flooding. In the canal areas in the district of Yashkul of the Republic of Kalmykia the effect of hydro-amelioration on the plant cover was studied by key-site method. The research was conducted during 2016–2017. The site was located in the central part of the Pre-Caspian lowland, in a desert zone, between two active canals, perpendicular to which an ecological-dynamic profile of 1.5 km long was laid.

The vegetation cover was dominated by *Artemisia lerchiana* deserts. Near the canals salinization of soils took place, which led to the appearance of saline, to the settlement of halophytes on them and to the formation of halophytic communities.

There arose several communities on a small salinization: *Artemisia santonica, A. santonica-Limonium scoparium, Petrosimonia oppositifolia-Suaeda salsa, P. oppositifolia*. The soil was medium-loamy, the dry residue was 0.296%, and the type of salinity was $Cl\text{-}SO_4$.

With increasing salinity salt coenoses such as *Salicornia perennans* were formed on the hydromorphic saline. *Tripolium pannonicum, Suaeda acuminata,* and *S. salsa* took part in them as subdominants. They occupied a large area. The soil texture was heavy-loamy. The dense soil residue was 3.348%, and the type of salinity was chloride.

Reed thickets (*Phragmites australis)* and communities of *Juncus gerardii* appeared along the edge of water.

Thus, under the influence of hydro-amelioration there occurs halophytization of the soil-vegetation cover in the Pre-

Caspian region. Halophytic communities in saline replace deserts of *Artemisia lerchiana* in the area of the canal affection. There are coastal water coenoses (reed thickets) along the water edge of the banks of canals.

The study was funded by RFBR according to the research project № 18-35-00398.

Оценка влияния затопления на продуктивность растительных сообществ поймы Оби (данные с профиля у Барсовой Горы близ Сургута, 2016–2017 гг.)

Чернышева М.А., Тюрин В.Н.
Сургутский государственный университет, Сургут, Россия
mary_0508@mail.ru

Исследования проведены в пойме Оби в 7 км западнее Сургута. Их цель – оценка изменения продуктивности травяных сообществ в рельефе, обусловливающем высоту и продолжительность затопления участков поймы. Для реализации цели в 2016 г. был проложен 135-метровый профиль, с установкой через 2 м 67 учетных площадок (УП). В 2017 г. проведена его нивелировка. Профиль от гривы к сору пересекает 8 сообществ: разнотравное (*Anemonidium dichotomum*), разнотравно-злаковое (*Phalaroides arundinacea* + *Veronica longifolia*), двукисточниково-остроосоковое (*Phalaroides arundinacea* + *Carex acuta*), двукисточниковое, остроосоковое, водноосоковое (*Carex aquatilis*), сусаковое (*Butomus umbellatus*) и рдестовое (*Potamogeton perfoliatus*).

Для определения продуктивности на УП проводили укосы травостоя с квадратов 0.4×0.4 м. Пробы высушивали, разбирали по видам и взвешивали. Данные обработаны в Excel. Получены следующие результаты.

По исследованиям в 2016 г. максимум прироста надземной фитомассы (НФМ) пришелся на гигромезофитное двукисточниковое сообщество (1016 г/м^2). Его высокая продуктивность может быть связана с предыдущим многоводным годом, обеспечившим преимущества доминанту, способному развиваться в условиях затопления. Кривая прироста НФМ в рельефе имела колоколообразный вид, с уменьшением значений в сторону гривы – до 132 г/м^2 для разнотравного сообщества (характерен дефицит увлажнения) и в сторону понижения рельефа – до 125 г/м^2 для сообщества рдеста (обводненная длительно затапливаемая поверхность).

В 2017 г. максимум сместился к сору – в сторону водноосокового сообщества (588 г/м^2), несмотря на более высокую водность, что может быть связано с постепенным восстановлением потенциала фитоценоза после угнетающего многоводного 2015 г.

Assessment of flooding impact on the productivity of plant communities in the Ob River floodplain (a profile near Barsova Gora hill, Surgut city, 2016–2017)

Chernysheva M.A., Tyurin V.N.
Surgut State University, Surgut, Russia

The research was conducted in the Ob River flood plain (7 km west of Surgut city). The aim was to assess the change in productivity of herb communities at the relief which determines the height and duration of flooding in the floodplain areas. A 135-meter profile was laid out in 2016. Within the profile, 67 sample plots (SPs) were laid every 2 meters. The profile ran from the elevation to the depression through 8 communities: forb (*Anemonidium dichotomum* + *Sanguisorba officinalis*), forb-grass (*Phalaroides arundinacea* + *Veronica longifolia*), reed canary-grass – acute sedge (*Phalaroides arundinacea* + *Carex acuta*), reed canary-grass, acute sedge, water sedge (*Carex aquatilis*), flowering rush (*Butomus umbellatus*), and pondweed (*Potamogeton perfoliatus*).

To determine the plant productivity, herbage in SPs was cut in 0.4×0.4 m squares. The samples were dried, sorted and weighed, and then the data were analyzed in Excel. The following results were obtained.

In 2016, maximum aboveground phytomass was registered in the hygromesophyte (*Phalaroides arundinacea*) community (1016 g/m^2). Its high productivity might be associated with the previous high-water year, which provided advantages for *Phalaroides arundinacea*, which can develop in the conditions of flooding. The curve of the productivity on the relief was bell-shaped, with a decrease toward the top of the profile – up to 132 g/m^2 for the forb community (deficit of moisture) and also downward toward the depression of the profile – up to 125 g/m^2 for the pondweed community (a regularly flooded surface).

In 2017 the maximum productivity shifted to the water sedge community at the depression (588 g/m^2), despite higher water that year. This could be due to the recovery of the plants potential after high water in 2015.

Географическое распространение караганы гривастой (*Caragana jubata* (Pall.) Poir.) и её ценотическая роль в растительном покрове Северного Забайкалья

Чурюлина А.Г., Бочарников М.В.
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия
agchurylina@gmail.com

В настоящее время концепция охраны редких видов растений основана на изучении целого спектра экологических условий, в которых этот вид обитает. В целом, растительные сообщества подвержены изменению и

сокращению, но наиболее серьезно те, в составе которых встречаются реликтовые, эндемичные и редкие виды. А одним из основных критериев выделения растительного сообщества в разряд редкого является характер его распространения.

Территория Северного Забайкалья для *Caragana jubata* является небольшой частью ареала вида, распространение которого имеет дизъюнктивный характер и связано с различными горными районами Евразии: Гималаями, Средней и Центральной Азией, Южной Сибирью, Забайкальем. На север вид проникает до арктического побережья (дельта Лены). С учетом произрастания в широком спектре экотопических условий и значительным географическим охватом, а также реликтовой природой караганы гривастой на Становом и Патомском нагорьях, пространственный анализ его ареала с выявлением факторов, определяющих распространение вида, был проведен на региональном уровне. В работе использованы данные о виде *Caragana jubata* из литературных источников, а также гербарных коллекций, начиная с конца XIX в. Оценка ценотической роли караганы гривастой проведена с учетом своеобразия экологии вида: произрастает как в высоко в горах, так и в горнотаёжном поясе на скалах, а также в прирусловых галечниках. В целом, этот вид – ксеропетрофит, с этим связана его эколого-ценотическая приуроченность в растительном покрове и тяготение к каменистым субстратам. Продолжается сбор и уточнение мест находок вида с их географической привязкой, а также привлечение и анализ факторов произрастания караганы гривастой с целью изучения особенностей произрастания редких видов на Дальнем Востоке РФ.

Исследование проводится при поддержке гранта РНФ №17-77-10142.

Potential spatial distribution of *Caragana jubata* (Pall.) Poir. and its coenotic role in the vegetation cover of the Northern Transbaikalia

Churyulina A.G., Bocharnikov M.V.
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
agchurylina@gmail.com

Nowadays the conception of protection of rare plant species is based on the study of the whole spectrum of ecological conditions in which these species inhabit. In general, plant communities are exposed to reduction, but most severely those which contain relict, endemic and rare species. And one of the main criteria for allocation of a plant community to the category of rare is the nature of its distribution.

For *Caragana jubata* the territory of the Northern Transbaikal is a small part of the range of this species, the distribution of which has a disjunctive character and is associated with different mountain regions of Eurasia: the Himalayas, Middle and Central Asia, South Siberia, Northern Transbaikalia. Spatial analysis of the range of *Caragana jubata* with identification of the factors determining the distribution of this species was carried out at the regional level. The relict nature of the *Caragana jubata* was considered at the Stanovoy and Patom Highlands. We used different data on this species: from literary sources as well as from herbarium collections (since the end of the XIX century). The assessment of the coenotic role of *Caragana jubata* was carried out taking into account the unique nature of the species ecology: it grows both high in the mountains, and in the forest and subalpine belts on the rocks, as well as in the riverbed gravels. We are going to continue these research with the purpose to explore the role and identify the features of rare plant growth in the Russian Far East.

This research was supported by Russian Science Foundation (project № 17-77-10142).

***Medicago saxatilis* M. Bieb. – эндемик Республики Крым**

Шкаранда Ю.С.
Никитский ботанический сад, п. Никита, Ялта, Россия
echia@mail.ru

Medicago saxatilis M. Bieb.– многолетнее травянистое растение до 20 см высотой с ветвистыми, тонкими стеблями. Произрастает в западной части Предгорья Крыма. Петрофит. Мезоксерофит. Цветет в мае–июле. Плодоносит в июле–августе. Размножается семенами. Охраняется в государственном заказнике «Качинский каньон» и памятнике природы «Бельбекский каньон». Эндемик включен в КК Республики Крым (2015 г.). Эколого-ценотические особенности вида не изучены, что определяет необходимость детального исследования популяций.

Популяцию *M. saxatilis* в течение сезонов вегетации в 2016–2017 гг. изучали в условиях фитоценоза класса *Onosmato polyphyllae–Ptilostemonetea* Korzh. 1990 в с. Терновка Балаклавского района. Фрагменты данного сообщества включают ксерофитные полукустарнички на флишевых поверхностях, на известняках, конгломератах открытых южных склонов. Определили пространственно-онтогенетическую структуру на основе общепринятых геоботанических и популяционных методов.

Выявлена неоднородность плотности особей, пространственная микроструктура имеет контагиозный тип. Эти особенности обусловлены остенобионтностью вида и особенностями размножения (осыпание плодов вблизи материнского растения). Проективное покрытие исследуемых фрагментов популяции составило 15–20%.

В крупных скоплениях наблюдаются особи всех онтогенетических групп. Антропогенное влияние (добыча известняка, туристические тропы, лесомелиорация) увеличивают гетерогенность среды, способствуя

формированию мелких неполночленных скоплений.

Эндемизм *M. saxatilis* подчеркивает необходимость дальнейших исследований популяций вида и обоснования рекомендаций по охране.

Medicago saxatilis M. Bieb. is endemic to the Republic of Crimea

Shkaranda Yu.S.
Nikitsky Botanical Garden, Nikita, Yalta, Russia

Medicago saxatilis M. Bieb. is a perennial herbaceous plant up to 20 cm tall with branched, thin stems. It grows in the western part of the Crimean Foothills. Petrophyte. Mezokserofit. Blooms in May–July. Fruiting in July–August. Propagated by seeds. In the state preserve "Kachinsky canyon" and the monument of nature "Belbek Canyon" it is protected. The endemic is included in the Red Book of the Republic of Crimea (2015). The ecological-coenotic features of the species have not been studied yet, which requires a detailed study of its populations.

The population of *M. saxatilis* was studied in 2016–2017 during the growing seasons in the conditions of phytocoenosis of class *Onosmato polyphyllae-Ptilostemonetea* Korzh. 1990 in v. Turnovka of the Balaklava region. The fragments of this community include xerophytic semishrubs on flysch surfaces, on limestones, conglomerates of open southern slopes. We identified the spatial-ontogenetic structure on the basis of generally accepted geobotanical and population methods.

The heterogeneity of the density of individuals has been revealed, the spatial microstructure has a contagious type. These features were due to the osteobiontic nature of the species and peculiarities of its reproduction (shedding of fruits near the mother plant). Percentage coverage of the studied fragments of the population was 15–20%.

Individuals of all ontogenetic groups were observed in large clusters. Anthropogenic impact (limestone mining, hiking trails, forest melioration) increased heterogeneity of the environment, contributing to the formation of small incomplete clusters.

Endemism of *M. saxatilis* emphasizes the need for further research into species populations and the rationale for protection recommendations.

ГЕОГРАФИЯ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ

Цифровой гербарий Московского университета: как это работает?

Серегин А.П.
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия
botanik.seregin@gmail.com

В рамках гранта комплексных научных программ РНФ "Научные основы создания национального банка-депозитария живых систем" (№ 14–50–00029) под руководством В.А. Садовничего с конца 2014 г. работает пять направлений, в том числе направление "Растения". В нем девять научных групп, одна из которых работает над созданием и развитием Цифрового гербария МГУ. В состав этой небольшой группы входят как сотрудники биологического факультета, так и программисты НИИ Физико-химической биологии им. А.Н. Белозерского МГУ.

Работа по созданию Цифрового гербария МГУ идет одновременно (и во многом автономно) по пяти большим направлениям:

1) развитие физических коллекций Гербария Московского университета;
2) сканирование и индексация образцов;
3) разработка и поддержание портала, внедрение новых модулей и функций.
4) пополнение полнотекстовой базы данных этикеток;
5) геопривязка образцов.

Развитие физических коллекций Гербария Московского университета в последние два–три года идет гораздо активнее, чем ранее. Рост за 2016 г. составил 22 013 образцов, за 2017 г. – 19 416 образцов. Пополнение как и прежде идет за счет новых сборов сотрудников МГУ, даров от отдельных ботаников и гербариев, разбора традиционных "завалов" (впрочем, заметно уменьшившихся). Обмен в целом идет довольно вяло, зато участились случаи передачи фондов небольших ликвидированных гербариев к нам целиком – в частности, Гербария Бадхызского заповедника в 2017 г. и Лаборатории устойчивости лесных экосистем Костромского государственного университета в 2016 г. На сегодняшний день Гербарий МГУ насчитывает 1 030 669 образцов, занимая 62-е место в мире.

Сканирование и индексация образцов идут в тесном взаимодействии сотрудников Гербария и компании-партнера (корпорация "ЭЛАР"). Мы вводим метаданные (электронные сведения о каждом образце, необходимые для индексации), готовим образцы к сканированию и выдаем их операторам, обеспечиваем поиск пропущенных образцов и готовим файлы к публикации на портале. Компания-партнер на своем оборудовании и силами своих сотрудников сканирует образцы, обеспечивает проверку качества изображений и передает их нам в виде записанных на жесткий диски массивов TIFF и JPG файлов.

Разработка и поддержание портала, внедрение новых модулей и функций идет постоянно силами команды программистов, создавших наш портал https://depo.msu.ru/ ("Национальный банк-депозитарий живых систем"). Один из доменов чевертого уровня (https://plant.depo.msu.ru/) и есть адрес доступа к Цифровому гербарию МГУ. На 18.03.2018 г. здесь содержалось: 912 672 образцов, 910 820 изображений, 35 614 видов, 69 040 геопривязок, 83 116 расшифрованных этикеток и 56 117 этикеток, распознанных автоматически функцией OCR. Впрочем, эти цифры почти ежедневно устаревают.

Пополнение полнотекстовой базы данных этикеток идет путем заполнения стандартных xls-форм сотрудниками, помощниками и волонтерами. Кое-какие сведения были залиты из других баз данных, если в них уже были внесены сведения об образцах Гербария МГУ – например, "Орхидные России" П.Г. Ефимова, "Флора Таймыра" Е.Б. и И.Н. Поспеловых, "Флора бассейна Амура" С.В. Дудова, TROPICOS и др. Сведния о свежих сборах сотрудников МГУ заливаются на портал из файлов с этикетками, которые передаются нам вместе с гербарием. Часть образцов вносится по "короткой" схеме – первый коллектор и дата, что позволяет быстро структурировать массив для дальнейшей обработки.

Геопривязка образцов – отдельный ответственный этап, требующий высокой квалификации. Задача простая: привязать к координатам место сбора, описанное в этикетке, оценив еще и точность такой привязки. Геопривязка идет тремя основными путями: прямой экспорт координат с этикеток (у новых образцов), ручная привязка операторами с использованием открытых источников, автоматическая привязка с помощью системы ИСТРА.

Подробнее о нашей работе можно прочитать в статьях (Seregin, 2016, 2017; Серегин, 2017а, б), информационном блоге (https://vk.com/mw_herbarium) и презентациях с конференций, собранных на https://www.researchgate.net/profile/Alexey_Seregin2/contributions и https://istina.msu.ru/profile/Allium/#conference_presentations. Благодаря пресс-службе МГУ мы активно общаемся со СМИ, благодаря чему вышло с десяток пресс-релизов по разным информационным поводам.

Moscow Digital Herbarium: how it works?

Seregin A.P.
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Five branches including "The Plants" branch are working within the grant of the complex science programs of Russian Science Foundation (#14–50–00029) under V.A. Sadovnichiy since the end of 2014. Nine groups are forming the branch, and one of them is developing the Moscow Digital Herbarium. Researchers from the Faculty of Biology and programmers from Belozersky Institute of Physico-Chemical Biology are forming the core of the group.

We are working under five units of the Moscow Digital Herbarium simultaneously and fairly autonomously:
a) promoting and curating of physical collections of the Moscow University Herbarium;
b) imaging and indexing of specimens;
c) developing and supporting the web-portal & outworking of new features;
d) label capturing for the full-text database;
e) georeferencing of specimens.

Promoting and curating of physical collections of the Moscow University Herbarium in the recent years is more active than earlier. We added to the collections 22,013 specimens in 2016 and 19,416 specimens in 2017. New accessions are traditionally coming from recent field missions of staff members, from various botanists and institutions as gifts, and by active mining of the earlier backlog, which is not so large now. The exchange is fairly limited, but we have incorporated recently some collections from the herbaria which are currently inactive, including the herbarium of Badkhyz Reserve in 2017 and the herbarium of the Laboratory of forest ecosystem stability of the Kostroma University in 2016. As of March 2018, the Moscow University Herbarium holds 1,030,669 specimens being the 62nd largest herbarium in the world.

Imaging and indexing of specimens are going in cooperation between the herbarium staff and employees of the partner company (ELAR corporation). We are submitting metadata, prepare specimens for scanning, moving them from cabinets to scanners and back, provide access to missed specimens, and finally prepare files for publication on the web-portal. The partner company by its employees on its equipment scans the specimens, checking the quality of the images and transfers them to us as both TIFF and JPG files recorded on hard disks.

Developing and supporting the web-portal & outworking of new features and modules are constantly being carried out by the team of IT-staff who created https://depo.msu.ru/ ("National Depository Bank of Live Systems"). One of the domains (https://plant.depo.msu.ru/) is the access address to the Digital Herbarium of the Moscow State University. As of March 18, 2018, there were 912,672 specimens, 910,820 images, 35,614 species, 69,040 georeferences, 83,116 manually captured labels and 56,117 OCR-captured labels. However, these figures are rapidly and constantly growing.

Label capturing for the full-text database goes by filling standard xls-forms by employees, assistants and volunteers. Some data were uploaded from other databases based on the Moscow University Herbarium specimens like "Orchids of Russia" by P.G. Efimov, "Flora of Taimyr" by E.B. Pospelova and I.N. Pospelov, "Flora of the Amur River Basin" by S.V. Dudov, TROPICOS, etc. Labels of recent collections by the Moscow University staff are imported into the portal directly from the files which are passed to us along with the herbarium. Some specimens were captured using the short scheme – i.e. the first collector and collection date.

Georeferencing of specimens is a separate stage of critical importance, requiring high qualification of staff although the task is fairly simple – to find geographical coordinates of the collection site described in the label and to assess the accuracy of the georeferencing. Georeferencing goes by three means: the direct export of coordinates from labels (usually for newer specimens), manual georeferencing by operators using open sources available in web, automatic georeferencing using the ISTRA system.

One can find more information about our work in journal papers (Seregin, 2016, 2017a, b, c), blog (https://vk.com/mw_herbarium) and presentations from various conferences collected at https://www.researchgate.net/profile/Alexey_Seregin2/contributions and https://istina.msu.ru/profile/Allium/#conference_presentations.

References:

Seregin A.P. 2016. Making the Russian flora visible: Fast digitisation of the Moscow University Herbarium (MW) in 2015. *Taxon* 65(1): 205–207.

Seregin A.P. 2017. Digital herbarium of Moscow State University: The largest Russian biodiversity database. *Biology Bulletin* 44(6): 584–590.

[Seregin] Серегин А.П. 2017. Гербарий Московского университета (MW) сегодня: фонды, онлайн доступ и научная работа. *Бот. журн*. 102(3): 281–308.

[Seregin] Серегин А.П. 2017. Цифровой гербарий МГУ крупнейшая российская база данных по биоразнообразию. *Изв. РАН. Сер. биол*. 6: 610–616.

История формирования ареала семейства каликантовые (Calycanthaceae): молекулярно-генетический и морфологический анализ

Башкина К.И.
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия
kseniy1997@mail.ru

Семейство Calycanthaceae включает 10 видов вечнозеленых и листопадных деревьев и кустарников, объединенных в 3 рода. Ареал семейства необычен и имеет три дизъюнкции: между северными материками и Австралией; Евразией и Северной Америкой; западной и восточной частями Северной Америки.

В основу смоделированной истории расселения положены филогенетические связи внутри семейства, реконструированные с помощью анализа генов хлоропластной ДНК (trnC, petN, psbM, trnD) и 45 морфологических признаков. Данные были получены из открытой базы Genbank, литературных источников и личных наблюдений и обработаны в программах Jalview и Winclada.

По полученным данным, самый архаичный вид семейства – *Idiospermum australiense* (Diels) S.T. Blake, эндемик северо-востока Австралии. Это позволяет предположить, что семейство возникло на территории Гондваны. Найденные в Бразилии меловые фоссилии, морфологически сходные с *Idiospermum* S.T. Blake, подкрепляют это предположение и говорят о широком распространении семейства в ту эпоху. Роды *Chimonanthus* Lindl. и *Calycanthus* L. возникли в Восточной Азии, вероятно, после проникновения туда их общего предка из Австралии. Предки рода *Calycanthus* продвигались на север по восточной окраине Евразии. Через Берингийскую сушу они проникли в Северную Америку и стали продвигаться на юг, а затем и на восток до окраин материка. Одновременно с этим происходила дифференциация рода *Chimonanthus* в Восточной Азии.

Плоды каликантовых ядовиты для млекопитающих. Небольшие кожистые плоды *Calycanthus* и *Chimonanthus* распространялись, вероятно, плодоядными птицами, которые регулярно употребляют в пищу разросшееся цветоложе и находящиеся в нем плодики. Плоды *Idiospermum* S.T. Blake, и, вероятно, его предков, гораздо более крупные (до 5 см в диаметре) и тяжелые (около 150 г.). Вероятно, диаспоры предков семейства, а также *Idiospermum australiense*, распространялись ныне вымершими крупными сумчатыми, которые, как известно, способны адаптироваться к ядовитым веществам и употреблять их в пищу.

History of forming the range of the Calycanthaceae family: molecular-genetic and morphological analysis

Bashkina K.I.
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

The Calycanthaceae family includes 10 species belonging to three genera of evergreen and deciduous trees and shrubs. Geographical range of the family has three disjunctions: between Northern continents and Australia, between Eurasia and North America and between the Western and Eastern parts of North America.

History of distribution is based on phylogenetic relationships within the Calycanthaceae which were reconstructed using combination of cpDNA genes (trnC, petN, psbM, trnD) and 45 morphological features. Morphological data were retrieved from open sequence database Genbank, morphological features were identified during literature analysis and observations and processed in programs Jalview и Winclada.

The Calycanthaceae, probably, originated in Gondwana, because of modern and extinct species location on this ancient supercontinent's parts. According to results, the most archaic species of the family is *Idiospermum australiense* (Diels) S.T. Blake, which has local distribution in the Northeast of Australia. Upper Cretaceous calycanthaceous fossils were found in Brazil. Apparently, the Calycantaceae were widely distributed across Gondwana at this period. Ancestors of *Calycanthus* Lindl. and *Chimonanthus* L. genera came to the East Asia from Australia. *Calycanthus*, or its ancestors, went to the North along Eurasia East coast, crossed the Beringia land bridge and moved to the South and then to the Eastern part of North America. At the same time, genus *Chimonanthus* was differentiating in East Asia.

Fruits of all species are poisonous for mammals. Dispersal of small dry fruits of *Calycanthus* and *Chimonanthus* were apparently distributed by frugivorous birds. They regularly eat receptacles and fruitlets inside it. Fruits of *Idiospermum* S.T. Blake, and probably, of its ancestors, are much larger (up to more than 5 cm in diameter) and heavier (about 150 g), than other genera's ones. Apparently, extinct marsupials dispersed diaspores of ancestors of the family and *Idiospermum australiense*. These animals may have adapted to poisonous plants and were able to eat them.

Промежуточные итоги изучения дендрофлоры города Рязани

Белошенкова А.Д.
Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина, Рязань, Россия
a.beloshenkova@gmail.com

В период с 2012 по 2017 гг. ведется активная работа по изучению видового состава древесных растений города Рязани методом сеточного картирования. Территория города поделена на 63 квадрата 2×2 км (из них 18 частично включают пограничную территорию города). На данный момент обследовано 65% территории города (41 квадрат).

Исследуемая дендрофлора содержит 246 видов (без полудревесных растений) из 88 родов и 33 семейств, что составляет 84% от дендрофлоры всей области. Наиболее богаты видами: семейства – Rosaceae (78 видов), Salicaceae (27), Pinaceae (19), Caprifoliaceae (17), Cupressaceae (14); рода – *Populus* (14), *Crataegus* (14), *Salix* (13), *Rosa* (11). Представлены жизненные формы: 33 вида вечнозеленых (25 – деревья, 8 – кустарники); 213 видов листопадных (102 – деревья, 102 – кустарники, 1 – кустарнички, 8 – лианы).

52 вида – аборигенные растения, 158 – адвентивные, 36 – гибриды. Первичный ареал адвентивных видов: Европа, Крым, Кавказ, Средиземноморье – 51 вид (32% от всего адвентивного компонента); Сибирь и Средняя Азия – 11 видов (7%); Восточная Азия, Китай, Япония – 53 вида (34%); Северная Америка – 43 вида (27%).

Один квадрат (в него попадает историческая часть города) отличается наиболее высоким видовым богатством – 120 видов. 50–100 видов отмечено в 9 квадратах, 10–49 – в 19, 5–9 видов – в 12. Виды распределены по 6 группам в порядке увеличения частоты встречаемости: A (очень редко) – 148 видов; B (редко) – 26 видов; C (довольно редко) – 30 видов; D (нередко) – 16 видов; E (часто) – 22 вида; F (обычно) – 4 вида.

Планируется продолжить исследование дендрофлоры на неизученной территории города. Завершенная картина исследования может стать фундаментом для мониторинговых работ в Рязани.

Interim results of Ryazan dendroflora study

Beloshenkova A.D.
Ryazan State University named after S.A. Yesenin, Ryazan, Russia

In the period of 2012–2017 Ryazan dendroflora is being studied actively by grid mapping. All area of the city is divided into 63 squares 2×2 km (18 of them partly include the border area of the city). At the moment 65% of the territory (41 squares) have been studied.

The investigated dendroflora contains 246 species (without semi-arboreal plants) from 88 genera and 33 families which accounts to 84% of Ryazan region dendroflora. The richest families are: Rosaceae (78 species), Salicaceae (27), Pinaceae (19), Caprifoliaceae (17), Cupressaceae (14). The richest genera: *Populus* (14), *Crataegus* (14), *Salix* (13), *Rosa* (11).

Groups of evergreen woody plants make up 33 species: trees (25), shrubs (8). The group of deciduous woody plants – 213 species: trees (102), shrubs (102), shrublets (1), lianas (8). Analysis of the species origin is as follows: 52 species are native; 158 species are alien and 36 taxa are hybrids. The native range of alien species: Europe, Crimea, Caucasus, and Mediterranean – 51 species (32% of the total alien species); Siberia and Central Asia – 11 species (7%); East Asia, China, Japan – 53 species (34%); North America – 43 species (27%).

There were 120 species of woody plants in the one square found; the historical core of the city falls in this area. From 50 to 100 species are mapped in 9 squares, from 10 to 49 – in 19 squares, and from 5 to 9 species – in 12 squares.

Plant species of dendroflora are divided into 6 groups according to the occurrence frequency: A (very rarely) – 148 species; B (rarely) – 26; C (infrequently) – 30; D (not infrequently) – 16; E (frequently) – 22; F (common) – 4.

It is planned to continue the study of dendroflora on the unexplored territory of the city. The completed research can become the foundation for monitoring the species diversity in Ryazan.

Сборы сосудистых растений с территории природного парка «Быстринский» (Центральная Камчатка, Россия) в Гербарии им. Д.П. Сырейщикова Биологического факультета МГУ

Бурый В.В.
Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь
bury_belarus@yahoo.com

С 2012 года нами проводится систематическое флористическое изучение территории природного парка «Быстринский» (ППБ). В ходе работ по определению гербарного материала из ППБ проведен анализ цифрового гербария биологического факультета МГУ (https://plant.depo.msu.ru/) Отдела Сибири и Дальнего Востока (район «Камчатка–Чукотка»). На момент начала работы (вариант электронного гербария на 30.11.2017 г.) по данному району было доступно 24 406 сканированных гербарных листов. Как результат, проведена оцифровка 1500этикеток (включая весь доступный материал по парку), что позволило выявить девять новых для ППБ видов сосудистых растений. Из них 2 вида (*Oreopteris quelpartensis* (Christ) Holub и *Salix phlebophylla* Anderss.) ранее приводились для прилегающих к парку участках, а 2 вида (*Carex bigelowii* Torr. ex Schwein. и *Swertia diluta* (Turcz.) Benth. et Hook. fil.) ранее не приводились для Камчатки (требуется подтверждение определения непосредственно в гербарии).

С учетом новых данных для ППБ к настоящему времени достоверно известно 717 видов сосудистых растений из 309 родов и 81 семейства, из которых 91 – адвентивный. Первый опубликованный в 2009 г. список по флоре парка включал 622 вида растений, таким образом, с 2012 г. было выявлено 95 новых для территории видов, из которых 45 – адвентивные. Дополнительно известно 36 видов с сопредельных территорий, вероятность обнаружения которых в ППБ высока. В природном парке обнаружен 31 вид, занесенных в Красную книгу Камчатки (ККК) (2007), из них шесть видов включены в Красную книгу России (ККР) (2008). Ранее для ППБ было известно 23 и пять видов из ККК и ККР соответственно.

Помимо дополнения флористического списка ППБ, работа с цифровым гербарием МГУ позволила в короткий временной период получить дополнительные данные по экологии и высотному распространения видов, ранее отмеченных на территории парка.

В дальнейшем будет продолжена оцифровка гербарных этикеток для последующего анализа гербарных сборов по Камчатке, хранящихся в цифровом гербарии МГУ.

Collection of vascular plants from the territory of Bystrinsky Nature Park (Central Kamchatka Region, Russia) in the Moscow State University Biological Department Digital Herbarium

Bury V.V.
Belarusian State University, Minsk, Belarus

Since 2012 systematic collection of plant material and floristic studies of Bystrinsky Nature Park territory (BNP) have been carried out. During this period, we have also analyzed scanned herbarium material from the BNP territory stored at the Moscow University Herbarium Department of Siberia and the Far East (“Kamchatka–Chukotka” region), available online (https://plant.depo.msu.ru/). On November 30th, 2017, there were available 24,406 scanned herbarium sheets from “Kamchatka-Chukotka” region. So far, 1,500 herbarium sheet labels have been captured by the author (including all available material from BNP) that made possible to reveal 9 new vascular plant species for BNP. From them 2 species (*Oreopteris quelpartensis* (Christ) Holub и *Salix phlebophylla* Anderss.) before have been known only from BNP vicinity

and 2 more (*Carex bigelowii* Torr. ex Schwein. и *Swertia diluta* (Turcz.) Benth. et Hook. fil.) previously have not been listed for Kamchatka Region (to confirm this information it is necessary to work with original specimens).

Together with new data from Moscow Digital Herbarium, BNP now has 717 known vascular plant species from 309 genera and 81 families, from which 91 are alien. For comparison, the first list of BNP vascular plants published in 2009 included 622 species. Therefore since 2012 there have been detected 95 new species, from which 45 are alien. 36 more species are known from BNP vicinity, yet undetected inside park territory. 31 species are listed in the Kamchatka Red Data Book (KRDB, 2007), from which 6 species are included in the Russian Red Data Book (RRDB, 2008). Previously 23 KRDB species and 5 RRDB species from BNP were known.

Besides possibility to reveal new species for BNP territory, work with the Moscow Digital Herbarium also enabled, in a short period of time, to receive additional data on the ecology and altitude distribution of species previously collected in this area.

It is planned to continue scanned herbarium label capturing of Kamchatka region collection with the subsequent analysis.

Флора сосудистых растений Байкальского заповедника

Гамова Н.С.
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия;
Байкальский государственный природный биосферный заповедник, Танхой, Россия;
bg_natagamova@mail.ru

Байкальский заповедник расположен в центральной части хребта Хамар-Дабан, к югу от озера Байкал. Его площадь – 167 тыс. га. Южное Прибайкалье давно привлекало внимание исследователей флоры, первые списки видов известны с XIX в. С основания заповедника в 1969 г. изучение флоры проводилось целенаправленно; издано три конспекта флоры (1978, 2006 и 2011 гг.), а также более 20 статей с дополнениями. В настоящее время с территории заповедника и его охранной зоны известно около 1120 видов высших сосудистых растений.

Значительная часть гербария флоры заповедника (сборы И.Н. Урбанавичене; П.А. Волковой с коллегами; сборы автора за 2009–2017 гг.) хранится в настоящее время в коллекции Гербария МГУ (MW). Более ранние сборы – в коллекциях гербариев Иркутска, Томска, Новосибирска и др. В то же время, достоверными гербарными образцами представлены не все виды. Ряд таксонов, включённых в ранний список, были отмечены в более дальних окрестностях, и последующие работы не выявили их непосредственно с территории заповедника.

Более 120 видов было найдено за последние шесть лет. В этих дополнениях как новые, заносные виды (*Epilobium pseudorubescens* A.K. Skvortsov, *Conyza canadensis* (L.) Cronquist и др.), так и уже известные в регионе, представленные различными таксономическими и экологическими группами. Найдены редкие растения, включённые в Красную книгу России (*Aconitum paskoi* Worosch., *Asplenium sajanense* Gudoschn. et Krasnob.). Вместе с пополнением флоры новыми находками, часть видов исключаются (переопределением образцов) – *Carex selengensis* N.A. Ivanova, *Calamagrostis* × *andrejewii* Litv., *Aquilegia borodinii* Schischk. и др. Несмотря на значительное число находок, анализ данных по флоре Южного Прибайкалья показывает, что на смежных с заповедником территориях известны ещё многие виды, в его флоре не отмеченные. Это по меньшей мере по 30 видов рода *Carex* и сем. Poaceae, а также представители многих других систематических групп. Кроме того, в связи с освоением территории побережья Байкала, ожидаются новые находки адвентивных видов. Флора сосудистых растений заповедника, по нашим оценкам, составляет около 1300 видов.

Flora of vascular plants of the Baikal Nature Reserve

Gamova N.S.
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia;
Baikal State Nature Biosphere Reserve, Tankhoy, Russia

The Baikal Nature Reserve is situated in the central part of the Khamar-Daban ridge, to the South of Lake Baikal covering an area of 167 thousand hectares. The South Baikal region has always attracted researchers' attention. Early check-lists date back to the middle of the 19th century. Since the Baikal Nature Reserve was founded in 1969, three check-lists (1978, 2006, 2011) and more than 20 additional floristic notes were published. To date, approximately 1120 vascular plants species are known from the Reserve itself and its protective zone.

Nowadays a significant part of herbarium specimens from the Baikal Reserve (collections of I.N. Urbanavichene, P.A. Volkova with colleagues, and author's ones for 2009–2017) is stored in the Herbarium of Moscow State University (MW). Earlier collections are stored in herbariums of Irkutsk, Tomsk, Novosibirsk and some others. However, not all species from the check-lists are supported by herbarium specimens. Some of the taxa included in the first check-list were actually recorded quite far from the Reserve and were not found within the territory in further studies.

More than 120 species were detected during the last 6 years. These additions include new alien species (*Epilobium pseudorubescens* A.K. Skvortsov, *Conyza canadensis* (L.) Cronquist, etc.) as well as native species for the Baikal region presented by different taxonomical and ecological groups. Rare species included in the Red Data Book of Russia were recently found (*Aconitum paskoi* Worosch., *Asplenium sajanense* Gudoschn. et Krasnob.). At the same time, we have excluded some species from the list (by re-identification of herbarium specimens) – *Carex selengensis* N.A. Ivanova,

Calamagrostis × *andrejewii* Litv., *Aquilegia borodinii* Schischk. etc. Despite a considerable number of new findings, analyzing the flora of adjacent territories indicates a lot of species which have not been recorded in the Reserve territory yet. These are at least 30 species both of genus *Carex* and Poaceae family and other representatives of various taxonomical groups. Moreover, new alien species are expected as a result of the reclamation of the Baikal coast. According to our estimates, the total number of vascular plant species is ca. 1,300.

Новые находки реликтов во флоре Ханты-Мансийского автономного округа

Гулакова Н.М., Самойленко З.А.
Сургутский государственный университет, Сургут, Россия
botany_surgu@mail.ru

Кондинский район Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО) является одной из малоизученных территорий в пределах округа; ранее известные факты произрастания там редких реликтовых видов растений немногочисленны. Изучение растительного покрова и поиск новых редких видов растений, явилось целью нашей работы.

Исследование проводилось в 2014–2015 гг. в труднодоступной части Кондинского района, в междуречье рр. Евры и Черной, принадлежащем бассейну р. Конды (приток Иртыша), стандартными геоботаническими методами. Площадь обследованной территории составила около 210 км^2.

В результате полевых исследований были найдены новые местонахождения реликтов третичного времени:

Dryopteris filix-mas (L.) Schott., обнаружен в долине р. Евра (смешанный разнотравно-папоротниковый лес, обилие менее 1%), эта точка лежит западнее ранее известных единичных находок вида по рекам Обь и Иртыш в пределах ХМАО.

Asarum europaeum L. обнаружен в двух фитоценозах: осиновом кустарниково-разнотравном (обилие – 15%) и березово-осиновом кустарниково-разнотравно-папоротниковом (3%) лесах в долине р. Черная. Это местонахождение расположено севернее уже известных в округе, и уточняет северную границу его ареала.

Tilia cordata Mill. Вид отмечен в шести точках района исследования, в смешанных кустарниково-травяных лесах, где его обилие местами достигало 40%. Эти сведения дополняют информацию о северном пределе распространения липы в ХМАО.

Также найдены реликты послеледникового периода: *Eremogone saxatilis* (L.) Ikonn., *Veronica spicata* L., *Calluna vulgaris* (L.) Hull., и эндемик Северного Урала и Зауралья – *Oxytropis ivdelensis* Knjasev.

Большинство из этих видов имеют основной ареал в европейской части России и на Урале, но в благоприятных для них локальных условиях, преодолев Уральский хребет, расширяют свой ареал в юго-западной части ХМАО.

В результате проведенных исследований были подтверждены прежние находки, уточнены границы ареалов и обнаружены новые местонахождения на территории Кондинского района шести реликтовых видов и одного эндемика Урала и Зауралья, внесенных в Красную книгу ХМАО.

New findings of relict plant species in Khanty-Mansiysky Autonomous Okrug flora

Gulakova N.M., Samoylenko Z.A.
Surgut State University, Surgut, Russia

Kondinsky District of Khanty-Mansiysky Autonomous Okrug (KhMAO) is one of the little-studied territories of the Okrug; the earlier data about relict plants growing in these territories are sparse. Our objectives were the vegetation survey and search for new rare species.

The survey was performed in 2014–2015 at remote areas of Kondinsky District, in Evra and Chernaya interfluve of the Konda River basin (tributary of the Irtysh river). Standard geobotanic methods were used. The surveyed area was about 210 km^2.

The field survey revealed new locations of tertiary relicts:

Dryopteris filix-mas (L.) Schott. is located in the Evra river valley (mixed fern-forb forest, abundance is less than 1%), this location is more to the West than any of the previously found sporadic findings by the Ob and the Irtysh rivers within KhMAO boundaries.

Asarum europaeum L. is located in two plant communities: aspen scrub-forb forest (15% abundance) and birch-aspen scrub-forb-fern forest (abundance is 3%) in the Chernaya river valley. This location is more to the North than any of the previously found locations and specifies the Northern boundary of the species habitat.

Tilia cordata Mill. is found at six locations in the survey area in mixed scrub-forb forests and forb forests, at some locations its abundance reached up to 40%. This data complements the information about the lime tree northern boundary range in KhMAO.

We also found the following post-glacial relicts: *Eremogone saxatilis* (L.) Ikonn., *Veronica spicata* L., *Calluna vulgaris* (L.) Hull., and an endemic for the Northern Urals and Trans-Urals – *Oxytropis ivdelensis* Knjasev.

Most of these species have their range in the European Russia and the Urals but subject to favorable local conditions they spread behind the Urals in the South-West of KhMAO.

The survey confirmed the earlier findings, specified the range boundaries and revealed new locations in Kondinsky

District for six relict species and one Urals and Trans-Urals endemic included in the KhMAO Red Data Book.

Род Люцерна – *Medicago* L. (Fabaceae) во флоре Беларуси

Докшина А.Ю.
Центральный ботанический сад НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь
aleksandra-dokshina@mail.ru

Род люцерна (*Medicago* L., *Trifolieae* (Bronn) Endl.) включает около 103 видов однолетних и многолетних трав, реже – полукустарников. Представители рода распространены в умеренных и субтропических областях Евразии и Африки. Целью работы было исследование рода люцерна флоры Республики Беларусь (РБ) для уточнения его видового состава, изучения ресурсных видов, хорологии.

Видовой состав рода *Medicago* изучался в ходе критической ревизии материалов гербариев: MSK, MSKH, MSKU, HM, LE, MW, а также в ходе полевых исследований в различных регионах в 2013–2015 гг. При картировании известных мест произрастания использовался точечный метод.

На основании изучения гербарных материалов и анализа данных литературы, для флоры РБ установлено произрастание двух аборигенных (*Medicago falcata* L. и *M. lupulina* L.) и шести адвентивных видов рода (*M. denticulata* Willd., *M. glandulosa* David., *M. minima* (L.) L., *M. romanica* Prod., *M. sativa* L., *M. truncatula* Gaertn.). Адвентивный вид *M. sativa*, как и аборигенные, часто встречается по всей территории РБ. Склонен к одичанию и натурализации. *M. romanica* так же широко распространен, но уступает по частоте встречаемости. Заносные виды – *M. denticulata* (Минская, Брестская, Гомельская обл.), *M. glandulosa* (Минская, Могилевская, Гродненская обл.), *M. truncatula* (Гомельская, Минская обл.) встречаются редко. *M.* × *varia* Martyn. (Минская, Гродненская обл.) гибридогенная форма, предположительно изредка встречающаяся по всей территории РБ, легко дичает. Адвентивные виды люцерны флоры Беларуси, вероятно, происходят из Передней и Средней Азии. Типичными местами обитания для представителей рода люцерна являются обочины дорог, ж.-д. насыпи, суходольные луга, опушки леса, пустыри, карьеры. 19 видов люцерны культивировались в ботсадах РБ и не отмечены в одичавшем состоянии (например, *M. arabica* (L.) Huds. и *M. blancheana* Boiss.).

The genus *Medicago* L. (Fabaceae) in the flora of Belarus

Dokshina A.Yu.
Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

The genus of lucerne (*Medicago* L., *Trifolieae* (Bronn) Endl.) includes about 103 species of annual and perennial herbs, less often – semishrubs. Genus members are common in the temperate and subtropical regions of Eurasia and Africa. The aim of the work was to study the genus of alfalfa in the flora of the Republic of Belarus and to clarify its species composition, study resource species and chorology.

Species composition of the genus *Medicago* was studied during the critical revision of herbarium materials: MSK, MSKH, MSKU, HM, LE, MW, and also in the field studies in different regions in 2013–2015. When mapping the known places of growth, a point method was used.

Based on the study of herbarium materials and analysis of literature data, two native (*Medicago falcata* L and *M. lupulina* L.) and six alien species of the genus (*M. denticulata* Willd., *M. glandulosa* David., *M. minima* (L.) L., *M. romanica* Prod., *M. sativa* L., *M. truncatula* Gaertn.) were identified for the flora of Belarus. Alien species *M. sativa*, as well as native ones, is often found throughout the territory of Belarus. The species tends to be wild and naturalized. *M. romanica* is also widely distributed but less frequent in occurrence. Alien species – *M. denticulata* (Minsk, Brest, and Gomel regions), *M. glandulosa* (Minsk, Mogilev, and Grodno regions), *M. truncatula* (Gomel and Minsk regions) are rare. *M.* × *varia* Martyn. (Minsk and Grodno regions) is a hybrid, presumably occasionally found throughout the territory of Belarus, easily grows wild. The alien species of alfalfa in the flora of Belarus probably originate from the Near East and Middle Asia. Typical habitats for representatives of the genus of alfalfa are the roadsides, railways, dry meadows, forest fringes, wastelands, quarries. 19 species of alfalfa were cultivated in botanical gardens of Belarus and were not recorded in the wild state (e.g. *M. arabica* (L.) Huds. and *M. blancheana* Boiss.).

Сравнительное изучение флор Северной Якутии (на примере бассейнов рек Анабар и Индигирка)

Ефимов Г.Н., Гоголева П.А.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
altazibe@yandex.ru

Флора Северной Якутии изучена недостаточно и крайне неравномерно. Сравнение шести локальных флор (ЛФ) из двух (северо-западного и северо-восточного) равнинных регионов Якутии позволяет оценить их сходство. Флора в целом и все ЛФ бассейна реки Анабар богаче (364 вида и подвида из 134 родов и 52 семейств), чем таковые из бассейна реки Индигирки (319 видов и подвидов из 127 родов и 49 семейств), причем эта особенность характерна для ЛФ из трех сравниваемых подзон (лесотундра, южная гипоарктическая и северная гипоарктическая

тундра). Спектры ведущих семейств в ЛФ обоих регионов сходны по составу, варьируют лишь по месту в спектре: во всех ЛФ наиболее многочисленны представители семейства *Poaceae*, а *Cyperaceae* и *Asteraceae* варьируют на 2–3 местах. В самых северных ЛФ выше роль *Brassicaceae* и *Saxifragaceae*, в самых южных – выше роль *Ericaceae* и *Scrophulariaceae*. Экологическая структура ЛФ сходна – во всех наиболее многочисленны мезофиты, что характерно для флор северных равнин. Подзональные различия флор хорошо отражены в их широтной географической структуре: в самых северных флорах наиболее богата арктическая фракция, в южных – гипоарктическая и бореальная. Географическая долготная структура флор обоих регионов сходна, во всех ЛФ доминируют виды циркумполярной группы, многочисленны виды с широкими ареалами. Присутствие в южных ЛФ обоих регионов восточноазиатских видов указывает на принадлежность этих флор восточносибирской флористической провинции.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №18-34-00087мол_а.

Comparative study of the flora of Northern Yakutia (on the example of the Anabar and the Indigirka rivers basins)

Efimov G.N., Gogoleva P.A.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

The flora of Northern Yakutia has been studied insufficiently and very unevenly. Comparison of six local floras (LF) from two regions (Northwestern and Northeastern) of flat part of Yakutia makes it possible to evaluate their similarity. The flora as a whole and all LFs of the Anabar river basin are richer (364 species and subspecies of 134 genera and 52 families) than those of the Indigirka river basin (319 species and subspecies of 127 genera and 49 families), this feature is characteristic of the LFs of three compared subzones (forest-tundra, Southern hypoarctic tundra and Northern hypoarctic tundra). The spectra of the leading families in the LFs of both regions are similar by composition; they vary only in place in the spectrum: in all LFs the most numerous are members of the Poaceae family while Cyperaceae and Asteraceae vary in 2–3 places. In the most Northern LFs, the role of Brassicaceae and Saxifragaceae is higher, while the role of Ericaceae and Scrophulariaceae is higher in the most Southern ones. The ecological structure of the LFs is similar; in all LFs mesophytes are the most numerous plants which is typical for the floras of the Northern plains. Subzone distinctions of floras are well reflected in their latitudinal geographic structure; in the most Northern floras an arctic fraction is the richest, while in the Southern ones hypoarctic and boreal are the richest. The geographic longitude structure of the floras of both regions is similar, all species of the circumpolar group dominate in all LFs, species with wide ranges are numerous. The presence in the Southern LFs of both regions of the East Asian species indicates the belonging of these floras to the East Siberian floristic province.

The work was supported by the grant of the RFBR No. 18-34-00087 Mol_a.

Ядовитые растения во флоре Хинганского заповедника

Зелихина С.В.
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия
svetlana_2304@list.ru

Ядовитые растения значительно распространены на Дальнем Востоке: почти каждый 25 вид здесь ядовит. Изучаемая территория занимает отроги Малого Хингана и Архаринскую низменность. Цель работы – выявление таксономического состава, генезиса и ценотических предпочтений «ядовитой» флоры Хинганского заповедника; выделение наиболее токсичных групп.

По списку растений, содержащих сильнодействующие или ядовитые вещества по СанПиН для Хинганского заповедника выделено 85 видов ядовитых растений (20 семейств). Преобладают по числу видов семейства Ranunculaceae и Asteraceae (в сумме 70%). По жизненным формам доминируют многолетние (68 видов) и однолетние (9 видов) травы.

Выделено 10 типов географических элементов. Среди них преобладают восточноазиатский (38%), циркумполярный (19%) и евроазиатский внетропический (16%). По результатам эколого-ценотического анализа преобладают неморальный (23%) и луговой (19%) элементы. По набору эколого-ценотических элементов более разнообразны Восточноазиатский и Евроазиатский геоэлементы. В структуре всей флоры заповедника роль евроазиатских видов меньше.

По шкале токсичности выделено три группы: чрезвычайно токсичные (<15 мг/кг), высокотоксичные (15–150 мг/кг) и умеренно-токсичные (151–1500 мг/кг). Чрезвычайно-токсичную группу составляют виды семейства Ranunculaceae (род *Aconitum* L., *Adonis amurensis* Regel et Radde и *Clematis hexapetala* Pall.), *Convallaria keiskei* Miq. Среди высокотоксичной группы – представители Liliaceae, *Cicuta virosa* L., *Clematis* L. Умеренно-токсичный вид – *Hylomecon vernalis* Maxim.

Структура рассматриваемой фракции видов соответствует географической и эколого-ценотической структуре всей флоры заповедника. Она подтверждает ее неморальные черты и указывает на связь с Циркумбореальной областью и Ангаридой. Широкая представленность эколого-ценотических групп связана с наличием разнообразных местообитаний. Рассмотрение соотношения величины токсичности и таксономической структуры подтверждает общий тренд большей ядовитости представителей Ranunculaceae и Liliaceae.

Poisonous plants in the flora of Khingan Nature Reserve

Zelikhina S.V.
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Poisonous plants are widespread in the Russian Far East: almost every 25th species here is poisonous. The study area is located on the Lesser Khingan and the Arkharinskaya lowlands. The aim of the study is to reveal the taxonomic composition, genesis and coenotic preferences of the "poisonous" flora of the Khingan Reserve; isolation of the most toxic groups.

85 species belonging to 20 families were segregated based on the list of plants which contain potent or toxic substances according to sanitary epidemiological norms and rules. Ranunculaceae and Asteraceae families are the richest in poisonous plants (70% of species list). Perennial (68 species) and annual herbs (9 species) are dominating life forms.

10 types of geoelements are allocated. The richest geoelements are East Asian (38%), Circumpolar (19%) and the Euro-Asian extra-tropical (16%) species. According to the results of ecological and coenotic analysis, temperate (23%) and meadow elements (19%) prevail. East Asian and Euro-Asian geoelements are the richest as to the diversity of ecological-coenotic elements. In the structure of the whole flora of the Reserve the role of Eurasian species is smaller.

The toxicity scale is divided into three groups: extremely toxic (<15 mg/kg), highly toxic (15-150 mg/kg) and moderately toxic (151–1500 mg/kg) plants. Extremely toxic group consists of the family Ranunculaceae (genus *Aconitum* L., *Adonis amurensis* Regel et Radde and *Clematis hexapetala* Pall.) and *Convallaria keiskei* Miq. Among the highly toxic group are members of Liliaceae, *Cicuta virosa* L., and *Clematis* L. *Hylomecon vernalis* Maxim. is moderately toxic species.

The structure of "poisonous flora" is similar to the geographical and ecological-coenotic structure of the whole Reserve flora. It confirms that it has temperate features and indicates the link with Circumboreal region and Angarida. Wide representation of ecological-coenotic groups is connected with the presence of various habitats. Consideration of the ratio of toxicity and taxonomic structure confirms the general trend of greater toxicity of Ranunculaceae and Liliaceae.

Флора лесных урочищ природно-культурного комплекса «Дивногорье» (Воронежская область)

Казьмина Е.С., Чернышова Т.Н.
Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия
e.s.kiseleva@mail.ru

Природно-культурный комплекс «Дивногорье» является объектом культурного наследия федерального значения. Находясь в западной части Воронежской области, в пределах Среднерусской возвышенности, представляет собой сложную совокупность растительных сообществ, расположенных на плакорных, пойменных и склоновых типах местности. Территория комплекса хорошо дренирована оврагами и балками, по склонам которых сохранилась степная растительность. Островные лесные массивы занимают незначительные по площади участки и представлены на исследуемой территории байрачными и нагорными дубравами.

Работа по исследованию флоры лесных урочищ (общей площадью свыше 150 га) ведется нами с 2014 года. В ходе инвентаризации было выявлено 373 вида сосудистых растений из 234 родов и 62 семейств. Ведущие 10 семейств содержат 232 вида (62%). Большая часть видов имеет евроазиатский тип ареала. Среди жизненных форм преобладают многолетние травянистые растения – 239 видов (64%) и однолетники – 53 (14%).

Адвентивная фракция флоры представлена 22 видами, большинство из которых зафиксировано в урочищах близ монастыря. Здесь под пологом леса активно разрастаются *Parthenocissus inserta* (Kerner) Fritsch., *Solidago canadensis* L., *Aquilegia vulgaris* L., на опушке леса отмечен *Heliopsis helianthoides* (L.) Sweet.

Установлено, что флора лесных урочищ природно-культурного комплекса «Дивногорье» насчитывает 24 вида сосудистых растений, подлежащих охране на региональном и федеральном уровнях. Наибольшее число местонахождений зафиксировано для таких редких в регионе видов, как *Iris aphylla* L. и *Clematis integrifolia* L., произрастающих на опушках и участках с разреженным древостоем. Особый интерес представляют находки популяций охраняемых в области видов: *Actaea spicata* L., *Aconitum anthora* L., *Artemisia armeniaca* Lam., *Cephalanthera rubra* (L.) Rich., ранее не приводившихся для «Дивногорья».

В целом, в обследованных дубравах и на их опушках нами обнаружено 66 видов новых для исследуемой территории.

Flora of forest tracts of the natural and cultural complex Divnogorye (Voronezh Oblast)

Kazmina E.S., Chernyshova T.N.
Voronezh State University, Voronezh, Russia

The natural and cultural complex Divnogorye is an object of cultural heritage of national significance. Divnogorye is located within the Central Russian Upland in the western part of the Voronezh Oblast. A complex set of plant communities located on the flat, floodplain, and slope types of terrain is represented here. The territory of Divnogorye is well drained by ravines and gullies, on the slopes of which the steppe vegetation has been preserved. Island forest tracts occupy small areas and are represented on the investigated territory by ravine and upland oak forests.

The study of forest tracts vascular flora (total area is more than 150 hectares) has been conducted since 2014. 373

vascular plant species belonging to 234 genera and 62 families were identified in the course of the inventory. The richest ten families contain 232 species (62%). Most species have the Eurasian type of geographical range. Perennial herbaceous plants, 239 species (64%), and annuals 53 species (14%), are the most represented life forms.

The alien flora is represented by 22 species, most of which are recorded in the tracts near the monastery. *Parthenocissus inserta* (Kerner) Fritsch., *Solidago canadensis* L., *Aquilegia vulgaris* L. are actively growing under the canopy of the forest, *Heliopsis helianthoides* (L.) Sweet. is marked at the edge of the forest.

The flora of forest tracts of the natural and cultural complex Divnogorye includes 24 vascular plant species which are subjects of protection at the regional and national levels. The greatest number of locations is recorded for such rare species in the region as *Iris aphylla* L. and *Clematis integrifolia* L., growing on margins and areas with a diluted stand. The finds of populations of protected species, like *Actaea spicata* L., *Aconitum anthora* L., *Artemisia armeniaca* Lam., *and Cephalanthera rubra* (L.) Rich., which previously were not cited for Divnogorye, are of particular interest.

In general, in the oak groves and their outskirts, we found 66 species new for the studied area.

О распространении арктоальпийских печеночников на Сихотэ-Алине (российский Дальний Восток)

Климова К.Г., Бакалин В.А.
Ботанический сад-институт ДВО РАН, Владивосток, Россия
ksenia.g.klimova@mail.ru

Сведения о флоре печеночников Сихотэ-Алиня весьма фрагментарны, в значительной мере это относится и к ее арктоальпийской фракции. Между тем Северный Сихотэ-Алинь являлся важным звеном на пути обмена флор Северо-восточной Азии и высокогорий притихоокеанской Восточной Азии (в первую очередь Японского архипелага) (Вышин, 1990), в то время как Южный Сихотэ-Алинь, вероятно, был лишь тупиковой ветвью этого пути.

Благодаря исследованиям, проводившимся нерегулярно в период с 2005 по 2017 гг., во флоре печеночников высокогорий Сихотэ-Алиня известно 20 арктоальпийских видов. Эти виды распределены неравномерно: в Южном и Среднем Сихотэ-Алине они приурочены к альпинотипным местообитаниям, расположенным в привершинных частях гор, варьирующих от 1300 до 1800 м над ур. м. (три вида: *Sphenolobus saxicola* (Schrad.) Steph., *Tetralophozia setiformis* (Ehrh.) Schljakov и *Marsupella commutata* (Limpr.) Bernet), в Северном Сихотэ-Алине – к горным тундрам, с наибольшей концентрацией арктоальпийских видов в высотном диапазоне 1700–2000 м над ур. м. (20 видов, хребет Тардоки-Яни) (Bakalin, 2015).

Причиной такого небольшого числа арктоальпийских видов на Южном Сихотэ-Алине, скорее всего, является слабое распространение горных тундр даже в период максимального позднеплейстоценового похолодания, что не позволило широко распространиться и закрепиться представителям арктоальпийской гепатикофлоры. В настоящее время подходящие местообитания также отсутствуют – горно-тундровый пояс здесь не развит, а безлесие привершинных частей гор объясняется комплексом факторов, среди которых важнейшие – суровый ветровой режим и сухость, в то время как среднегодовые температуры не являются достаточно низкими для формирования горных тундр.

В заключение необходимо отметить все еще слабую изученность флоры высокогорий средней части Сихотэ-Алиня, что не позволяет сделать окончательных выводов об общем количестве и распространении арктоальпийских видов печеночников в этой горной стране.

Distribution of arctic-alpine liverworts in Sikhote-Alin Mts. (the Russian Far East)

Klimova K.G., Bakalin V.A.
Botanical Garden-Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia

Data on the liverwort flora of Sikhote-Alin Mts. are very fragmentary, as well as data particularly on arctic-alpine species composition. Meanwhile, the Northern Sikhote-Alin was an important part of migration route between Northeast Asia and the highlands of the Pacific East Asia, mainly the Japanese Archipelago (Vyshin, 1990), whereas Southern Sikhote-Alin was out of the main course of migration route.

In the course of irregular research in 2005–2017, new data on liverwort flora of Sikhote-Alinupper elevation belts have been collected. Currently, 20 arctic-alpine species are known there, they are distributed unevenly. In Southern and Middle Sikhote-Alin arctic-alpine taxa are confined to alpine type habitats located near the mountains tops that are ranging from 1300 to 1800 m a.s.l. (three species: *Sphenolobus saxicola* (Schrad.) Steph., *Tetralophozia setiformis* (Ehrh.) Schljakov, *Marsupella commutata* (Limpr.) Bernet). Whereas in Northern Sikhote-Alin they are located in true mountain tundra (20 species, Tardoki-Yani Range), with the highest concentration in the altitudes ranging from 1700 to 2000 m a.s.l. (Bakalin, 2015).

The low number of arctic-alpine taxa in Southern Sikhote-Alin is caused by presumable scattered distribution of mountain tundra even during Pleistocene maximum which does not allow arctic-alpine liverworts to spread widely and obtain a stable position in vegetation communities. One more reason is the absence of suitable habitats for arctic-alpine liverworts at the current time: alpine belt is absent *per se*, and the lack of forests near the mountain tops is caused by a number of factors among which the most important are the severe wind regime and dryness, whereas the mean annual temperatures are not low enough to form mountain tundra.

In conclusion, it is worth noting insufficient knowledge on liverwort flora of the highlands of the middle part of the

Sikhote-Alin Mts., this preventing from making final conclusions about the total number and distribution of arctic-alpine species of liverworts there.

Сосудистые растения Красной книги Ивановской области на региональных ООПТ: современное состояние

Курганов А.А.
Ивановский государственный университет, Иваново, Россия
07011991_anton@mail.ru

Первое издание региональной Красной книги было опубликовано в 2010 г. Оно содержит сведения о 149 видах сосудистых растений (в том числе девять из Красной книги РФ).

Ежегодно с 2011 г. проводятся специальные флористические исследования для её ведения: были организованы выезды во все муниципальные районы. Главное внимание уделялось существующим особо охраняемым природным территориям (ООПТ), мало изученным районам и известным местам концентрации флористического разнообразия. Одной из задач было подтверждение находок видов с категорией 0 (вероятно, исчезнувшие). Всего обнаружено 250 новых местонахождений для 72 видов Красной книги, 172 из них – на ООПТ. Во второе издание планируется включить 156 видов сосудистых растений.

К 2018 году в области насчитывается 327 ООПТ (два заказника, 129 памятников природы регионального значения, 196 – местного). Существующая сеть ООПТ не удовлетворяет методическим критериям формирования Экологических сетей Европы, не способствует поддержанию и сохранению биоразнообразия. Из 156 видов Красной книги 57 (1/3 всех охраняемых видов) произрастают вне границ ООПТ. Среди них *Liparis loeselii* (L.) Rich., *Ophrys insectifera* L., *Dactylorhiza baltica* (Klinge) Nevski, *D. traunsteineri* (Saut.) Soo (Красная книга РФ), *Diplazium sibiricum* (Turcz. ex Kunze) Sa. Kurata, *Abies sibirica* Ledeb., *Glyceria lithuanica* (Gorski) Gorski, *Cinna latifolia* (Trevir.) Griseb., *Carex pilulifera* L., *Nymphaea alba* L. и др. Нуждаются в охране и ценные природные комплексы, отличающиеся специфичным флористическим разнообразием – коренные леса и ключевые болота, пока не признанные ООПТ.

Для оптимизации экологической сети 18 объектам предлагается придать статус ООПТ регионального значения, что позволит охранять 122 редких вида.

Vascular plant species of the Red Data Book of Ivanovo Oblast in regional protected areas: current state of knowledge

Kurganov A.A.
Ivanovo State University, Ivanovo, Russia

The first edition of the Red Data Book of Ivanovo Oblast was published in 2010. It contains information on 149 vascular plant species (nine of them included in the Red Data Book of Russia).

Since 2011 special floristic studies for keeping the Red Data Book are carried out annually; all administrative districts are investigated. Existing Specially Protected Natural Areas (SPNAs), poorly studied districts and famous places of floristic abundance were studied purposefully. One of our tasks was to confirm some findings of species with Category 0 (probably disappeared). As a result 250 new locations of 72 species from the Red Data Book were found, 172 of them – within the SPNAs of Ivanovo Oblast. The second edition of the Red Data Book will contain information about 156 vascular plant species.

By 2018 there are 327 SPNAs in the Ivanovo Oblast (two sanctuaries (zakazniks), 129 natural monuments of regional level and 196 ones of local level). But existing regional ecological network is not effective and does not satisfy the methodical criteria of formation of the European ecological network, does not support the maintenance and conservation of biodiversity. It is noteworthy that 57 of 156 vulnerable vascular plant species from the Red Data Book (almost one third of all protected species) grow beyond borders of existing SPNAs. These are such species as *Liparis loeselii* (L.) Rich., *Ophrys insectifera* L., *Dactylorhiza baltica* (Klinge) Nevski, *D. traunsteineri* (Saut.) Soo (The Red Data Book of Russia), *Diplazium sibiricum* (Turcz. ex Kunze) Sa. Kurata, *Abies sibirica* Ledeb., *Glyceria lithuanica* (Gorski) Gorski, *Cinna latifolia* (Trevir.) Griseb., *Carex pilulifera* L., *Nymphaea alba* L. and others. Many valuable nature communities, such as wildwoods and spring mires, need to be conserved because they are not yet SPNAs.

For optimization of regional ecological network it was proposed to include 18 objects in SPNAs which will enable to protect 122 rare species.

Особенности флоры разных болотных биотопов Среднерусской возвышенности

Леонова О.А., Волкова Е.М.
Тульский государственный университет, Тула, Россия
Ya.oly2012@yandex.ru

Болота в лесостепных и степных регионах – это центры биологического разнообразия, они являются «убежищами» для большинства бореальных видов сосудистых растений.

На Среднерусской возвышенности болота занимают незначительную площадь (0,5%). Болотные экосистемы приурочены к балкам и депрессиям в поймах рек, к суффозионным понижениям на песчаных террасах и склонах речных долин, карстовым провалам на водоразделах. В столь разных условиях флора болот различна, что позволяет выделять для указанной территории три самостоятельные парциальные флоры: пойменных и балочных биотопов (ПФ1); биотопов песчаных отложений речных террас и склонов водоразделов (ПФ2); водораздельных биотопов в карстовых депрессиях (ПФ3). Исследования проводились с 2000 года, в анализ было включено более 200 болот.

Сравнение флор сосудистых растений показало, что наиболее богата ПФ1 (257 видов). Самое низкое видовое разнообразие отмечено в ПФ3 (130 видов). Систематическая структура характеризуется уменьшением количества видов в семействах Poaceae, Cyperaceae, Asteraceae от ПФ1 к ПФ3.

В географическом спектре парциальных флор преобладают виды полизональной группы, при этом максимальное число видов представлено в ПФ1. В спектре долготных групп доминируют голарктические и евроазиатские виды. Доля голарктических видов снижается от ПФ3 к ПФ1. Число евроазиатских видов увеличивается от ПФ3 к ПФ1. В спектре жизненных форм во всех сравниваемых флорах доминируют длиннокорневищные и короткокорневищные травы. Доля фанерофитов и хамефитов возрастает от ПФ1 к ПФ3. Фитоценотический анализ позволил выявить отличия между парциальными флорами по доле лугово-болотных, луговых, лесо-болотных и болотных видов. При этом, доминирующими являются виды эвтрофных местообитаний.

Выявленные отличия свидетельствуют о специфике рассматриваемых парциальных флор, обусловленной геолого-геоморфологическими особенностями формирования болотных биотопов на Среднерусской возвышенности.

Floristic features of different mire biotopes of the Middle-Russian Upland

Leonova O.A., Volkova E.M.
Tula State University, Tula, Russia

In forest-steppe and steppe regions, mires are the centers of biological diversity and are shelters for most part of boreal vascular plant species.

The mires occupy a small area in the Middle-Russian Upland (0,5%). They are confined to depressions in river floodplains, to suffosion depressions on sandy terraces and slopes of river valleys, and to karst holes on watersheds. In such different conditions, the flora of the mires is different which allows to consider three independent partial floras (PF) for this territory: the flora of floodplains and ravines biotopes (PF1); the flora of mire biotopes on sandy sediments of river terraces and watershed slopes (PF2); the flora of watershed biotopes in karst depressions (PF3). The research has been carried out since 2000, more than 200 mires were included in the analysis.

The comparison of floras of vascular plants showed that PF1 is the richest (257 species). The lowest species diversity was noted in PF3 (130 species). The taxonomic structure is characterized by a decrease of species number in the families Poaceae, Cyperaceae, and Asteraceae from PF1 to PF3.

In the geographical spectrum of partial floras the species of the polyzonal group predominate. The maximum number of species was represented in the PF1. The Holarctic and Eurasian species are dominated in the spectrum of the longitude groups. The number of Holarctic species is decreasing from PF3 to PF1. The number of Eurasian species is increasing from PF3 to PF1.

The spectrum of life forms in all compared floras is dominated by long-rooting and short-stemmed herbs. The number of phanerophytes and chamefites increases from PF1 to PF3.

Phytocoenotic analysis is characterized by the differences between partial floras depending on the proportion of meadow-mire, meadow, forest-mire and mire species. At the same time, the dominant species are eutrophic.

The results show the specifics of the partial floras conditioned by geological and geomorphological features of mire biotope formation in the Middle-Russian Upland.

Флора низинных болот богатого грунтового питания: на примере Костромской области

Леострин А.В.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
aleostrin@binran.ru

Низинные болота богатого грунтового питания – редкий для Восточной Европы тип экосистем, характерной чертой которого является высокое богатство флоры по сравнению с другими типами болот. Изучение флоры низинных болот отдельных регионов Европейской России до сих пор представляют актуальную задачу. В 2015–2017 гг. проводились краткосрочные исследования флоры ненарушенных и слабо нарушенных низинных болот богатого грунтового питания запада Костромской области. Маршрутные исследования на трёх выбранных болотных комплексах были дополнены геоботаническими описаниями пробных площадей (1м^2), выполненными на открытых болотных участках, которые сопровождались измерением экологических параметров среды (pH и электропроводность грунтовых вод).

Суммарно флора сосудистых растений изученных болот составляет 174 вида. К наиболее богатым семействам флоры относятся: Cyperaceae (33 вида), Orchidaceae (16), Poaceae (14), Ericaceae s.l. (11). Наибольший

по числу видов род, *Carex* L., включает 23 вида. По облику и набору видов растений некоторые сообщества напоминают кальцефильные болота Центральной Европы, растительность которых относится к двум типам: *Sphagno warnstorfii-Tomentypnion nitensis* и *Caricion davallianae*. Однако в обследованных сообществах отсутствует ряд ключевых для этих типов растительности таксонов (в основном это западноевропейские виды, например, *Carex davalliana* Sm., *Shoenus* spp., *Primula farinosa* L.), вместо которых встречаются другие элементы (например, *Angelica palustris* (Besser) Hoffm., *Herminium monorchis* (L.) R. Br., *Ligularia sibirica* (L.) Cass.). Учитывая сходство флоры и экологических условий кальцефильных болот Центральной Европы и обследованных болот, последние предлагается рассматривать в качестве восточноевропейского подтипа.

На обследованных болотах выявлено 43 вида Красной книги региона (из которых четыре занесены и в Красную книгу РФ), локальные популяции многих из них характеризуются высокой численностью особей.

Rich fens vascular flora: case study from Kostroma Oblast (European Russia)

Leostrin A.V.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

Rich fens are rare vegetation type across the East Europe where they play a significant conservational role. Vascular flora of rich fens in certain areas of European Russia is still poorly investigated. In this study field investigations in undisturbed and slightly disturbed rich fens were carried out in 2015–2017 in the West part of Kostroma Oblast (KO). Floristic surveys were implemented during short field trips. Vegetation was recorded using the phytosociological relevé method over an area of 1 m^2. In each plot the environmental data (pH and conductivity of surface water) were sampled.

The list of vascular flora consists of 174 plant species. The most abundant families in vascular flora of fens are Cyperaceae (33 species), Orchidaceae (16), Poaceae (14), and Ericaceae s.l. (11). The largest genus is *Carex* L. which counts 23 species. Fen vegetation studied has a similar physiognomy to alkaline fens of Central Europe. However, remote geographical position of the area causes the notable floristic differences compared to analogous vegetation in European countries which belong to *Sphagno warnstorfii-Tomentypnion nitensis* and *Caricion davallianae* aliances. Plant species of occidental regions, like *Carex davalliana* Sm., *Shoenus* spp., *Primula farinosa* L., are missing from floristic composition due to continental climate of the area and lack of Atlantic influence. On the other hand species, like *Angelica palustris* (Besser) Hoffm., *Herminium monorchis* (L.) R. Br., *Ligularia sibirica* (L.) Cass., are characteristic for rich fens in KO. Considering the similar physiognomy, environmental features, and floristic composition to rich fens in European countries it is proposed to identify ones in KO as East European sub-type of fen vegetation.

In Kostroma fens vascular flora, 43 species are protected at regional level; local populations of some species are quite numerous. A high conservation value of rich fens in KO is proposed considering this.

Гетерогенность географической структуры флоры Белорусского Полесья

Мялик А.Н.
Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, Брест, Беларусь
aleksandr-myalik@yandex.by

Любая природная территория отличается неоднородностью слагающих её компонентов, в том числе и флоры. Несмотря на то, что Белорусское Полесье является единым естественно-историческим регионом, для ряда его местностей характерны отличия в геоморфологическом строении, мезоклимате, растительном покрове и флоре. При оценке флористической гетерогенности этого региона выбран бассейновый подход. В 2010–2017 гг. изучалась флора бассейнов средних рек (Ясельды, Щары, Случи, Горыни, Ствиги) в пределах Белорусского Полесья. Все они имеют разную степень антропогенизации ландшафтов и расположены в различных геоботанических районах.

Географический анализ аборигенных флор разных бассейнов показывает их схожесть с флорой всего Белорусского Полесья. Самыми многочисленными являются евросибирские, европейские, голарктические и евразийские виды. Для флор, расположенных в Предполесье (бассейны рр. Щары, Случи, Ясельды), свойственно большее число видов арктобореального и бореального распространения (*Moneses uniflora* (L.) A. Gray, *Picea abies* (L.) H. Karst. и др.), часть которых (более 70) достигает здесь южных границ ареалов. Южным и восточным положением бассейнов рр. Горыни и Ствиги обусловлена большая численность (на 3–4%) европейско-аралокаспийских, восточно- и южноевропейских видов. Эти субмеридиональные и меридиональные таксоны (*Artemisia marschalliana* Spreng., *Herniaria polygama* J. Gay и др.) находятся на северо-западных границах ареала. Флоры бассейнов рр. Ясельды и Щары, расположенных западнее, выделяются большим числом центрально- и атлантикоевропейских видов (*Hypericum humifusum* L., *Salix purpurea* L. и др.), среди которых 40 таксонов имеют восточную границу ареала.

Также установлено, что флоры бассейнов с высокой степенью антропогенизации ландшафтов (рр. Случь, Горынь) выделяются меньшим количеством узкоареальных видов (северно-, атлантико- и центральноевропейских), что указывает на утрату ими своей географической индивидуальности.

Heterogeneity of the geographical structure of the Belaruskaje Paliessie flora

Mialik A.M.
The Polesie Agrarian Ecological Institute of the National Academy of Sciences of Belarus, Brest, Belarus

Any natural territory is distinguished by the heterogeneity of its constituent components, including flora. Despite the fact that the Belaruskaje Paliessie is a single natural historical region, for a number of its territories there are differences in geomorphological structure, mesoclimate, vegetation cover and flora. In assessing the floristic heterogeneity of this region, a basin approach has been chosen.The flora of the basins of the Jasełda, Ščara, Sluč, Haryń, Sćviha rivers within the Belaruskaje Paliessie was studied in 2010–2017. All of them have a different degree of anthropogenization of landscapes and are located in different geobotanical regions.

Geographical analysis of native floras of different basins shows their similarity with the flora of the entire Belaruskaje Paliessie. The most numerous are the species, the range of which covers the Holarctic, Eurasia, Europe and Siberia. For floras located to the North (basins of Jasełda, Ščara, Sluč), there are more species of arctoboreal and boreal distribution. Some of them (*Moneses uniflora* (L.) A. Gray, *Picea abies* (L.) H. Karst., etc.) reach here the Southern boundaries of their geographic range. The greater number of European-Aralocaspian, East- and South-European species (3–4%) is due to the more southerly and eastern position of the Haryń and Sćviha basins.These submeridional and meridional taxa (*Artemisia marschalliana* Spreng., *Herniaria polygama* J. Gay, etc.) are located here on the Northwestern boundaries of their range. The flora of the basins of the Jasełda and Ščara located to the West, on the contrary, is characterized by a large representation of the Central and Atlantic European species (*Hypericum humifusum* L., *Salix purpurea* L., etc.). Among them, 40 taxa have an Eastern border of the range.

It is also established that the floras of basins with a high degree of anthropogenization of landscapes (Sluč, Haryń) are distinguished by a smaller number of narrow-range species. This indicates the loss of their geographical identity.

Особенности видового состава манжеток (*Alchemilla* L., Rosaceae) в различных типах местообитаний на территории Висимского заповедника (Свердловская область)

Пакина Д.В., Чкалов А.В.
Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия
botanic5@yandex.ru

Род *Alchemilla* L. представлен множеством апомиктических видов, среди которых значительную часть составляют молодые эндемики, отражающие новейшие флорогенетические тенденции. В связи с тем, что Средний Урал не изучался монографами рода так тщательно, как Южный, изучение разнообразия и биологических особенностей его видов на этой территории по-прежнему актуально.

Исследование проводилось в июне 2016 г. на территории Висимского заповедника (площадь 334,9 км²). В результате был выявлен 31 вид, 22 из которых впервые обнаружены на территории заповедника. Целью работы является характеристика видового состава манжеток в различных типах местообитаний на территории заповедника.

В результате установлено, что в первой группе местообитаний (среднегорные луга) насчитывается 19 видов манжеток, во второй (просеки, лесные поляны и опушки) – 17, в третьей, объединяющей нарушенные местообитания – 28. Так как большинство видов обнаружены в третьей группе (при этом только здесь обнаружены *A. confertula* Juz., *A. monticola* Opiz, *A. samuelssonii* Rothm. ex Fröhner, *A. sibirica* Zamelis и *A. subcrenata* Buser, т. е. и уральские эндемики, и европейские синантропные и южно-сибирские по происхождению элементы) можно предполагать, что видовое разнообразие манжеток обусловлено на данной территории в значительной мере антропогенным фактором.

Большинство видов встречены в нескольких группах местообитаний. Наиболее часто встречающимися видами являются широко распространенные синантропные виды *A. baltica* Sam. ex Juz., *A. cymatophylla* Juz., *A. micans* Buser, *A. longipes* Juz., *A. atrifolia* Zamelis. Только в первой группе отмечены эндемичные *A. oligantha* Juz. и *A. submamillata* Juz.; *A. malimontana* Juz. – только во второй.

Peculiarities of the *Alchemilla*-species composition in different habitat types in the Visim Reserve (Sverdlovsk region)

Pakina D.V., Chkalov A.V.
Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russia

The genus *Alchemilla* L. (Rosaceae) is represented by many apomictic species, most of which are young endemics reflecting the newest florogenetic tendencies. Due to the fact that the Middle Urals was not studied by the monographs of genus as thoroughly as the Southern Urals, a study of the diversity and biological features of its species in this territory still presents undiminished relevance.

The study was performed in June 2016 in the Visim Reserve territory. As a result, 31 species were identified, 22 of which were registered in the Reserve for the first time. The goal of the work is to characterize the species composition of the lady's mantle in different habitat types in the Reserve.

As a result, in the first habitat group (middle-montane) 19 species were found, in the second group (clearings, forest glades and edges) – 17, in the third one (disturbed habitats) – 28. Since the most species were found in the third group (it is only here that *A. confertula* Juz., *A. monticola* Opiz, *A. samuelssonii* Rothm. ex Fröhner, *A. sibirica* Zamelis, and

A. subcrenata Buser were found, i.e. endemics of the Urals, European synanthropic and Southern-Siberian by formation elements), it is possible to assume that the *Alchemilla*-species diversity in this territory is caused to a great extent by anthropogenic factor.

Most of the species were revealed in several habitat groups. The most common species are widespread synanthropic ones, like *A. baltica* Sam. ex Juz., *A. cymatophylla* Juz., *A. micans* Buser, *A. longipes* Juz., *A. atrifolia* Zamelis. Only in the first group endemic species *A. oligantha* Juz. and *A. submamillata* Juz. were recorded; only in the second – *A. malimontana* Juz.

Адвентивный компонент флоры государственного природного заказника «Смешанно-широколиственные леса в окрестностях р. Сушка»

Попченко М.И.
Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия
popchenko_m@inbox.ru

Перспективный Государственный природный заказник «Смешанно-широколиственные леса в окрестностях р. Сушка» расположен в Серпуховском районе Московской области. Площадь заказника составляет 700 га. Исследования на территории проводились с 2010 года, детальное изучение флоры выполнено в 2016–2017 гг.

Результаты исследования адвентивного компонента флоры заказника могут быть использованы для прогнозирования развития адвентивного компонента флоры Приокско-Террасного заповедника. Территорию заказника можно рассматривать как модельную по отношению к заповеднику в силу следующих причин: близкое географическое положение, сходные ландшафтное разнообразие и растительный покров, исторически единая система природопользования.

Адвентивный компонент флоры заказника представлен 72 видами, относящимися по происхождению к следующим группам:

Обычные в регионе заносные виды, распространенные на территории широко (например, *Epilobium adenocaulon* Hausskn., *Oenothera biennis* L., *Sambucus racemosa* L., *Erigeron canadensis* L.) или локально (например, *Galinsoga quadriradiata* Ruiz et Pav., *Puccinellia distans* (Jacq.) Parl.).

«Беглецы из культуры», распространенные на территории широко (например, *Malus domestica* Borkh., *Amelanchier spicata* (Lam.) K. Koch, *Cotoneaster lucidus* Schltdl.) или локально, в окрестностях населенных пунктов (например, *Armoracia rusticana* P.G. Gaertn., B. Mey. et Scherb.).

Виды, которые нельзя однозначно отнести к одной из двух названных выше групп, например, *Populus alba* L.

Виды, занесенные благодаря прорастанию выброшенных в окрестностях населенных пунктов вегетативных зачатков, например, *Hemerocallis fulva* (L.) L., *Scilla siberica* Haw.

Преднамеренно высаженные виды, например, *Larix* sp.

Виды степной зоны, путь заноса которых установить затруднительно, например, *Anisantha tectorum* (L.) Nevski.

Таким образом, адвентивный компонент флоры заказника сформировался на фоне регионального путем обогащения натурализующимися «беглецами из культуры» и видами-степняками.

Alien species of flora of the State Natural Reserve Mixed-broad-leaved forests in the vicinity of the river Sushka

Popchenko M.I.
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

The perspective State Natural Reserve Mixed-broad-leaved forests in the vicinity of the river Sushka is located in the Serpukhov district of the Moscow Oblast. The area of the Reserve is 700 hectares. Studies in the territory have been carried out since 2010, detailed studies of the flora were performed in 2016–2017.

The results of the research of the composition of alien species of the Reserve flora can be used to predict the development of the alien species of the flora of the Prioksko-Terrasniy Reserve (PTR). The territory of the Reserve can be considered as a model in relation to the PTR for the following reasons: geographic proximity, similar landscape diversity and vegetation cover, historically unified nature management system.

The alien flora of the researched Reserve is represented by 72 species which belong to the following groups:

Common in the region alien species which are spread in the Reserve widely (e.g. *Epilobium adenocaulon* Hausskn., *Oenothera biennis* L., *Sambucus racemosa* L., *Erigeron canadensis* L.) or locally (e.g. *Galinsoga quadriradiata* Ruiz et Pav., *Puccinellia distans* (Jacq.) Parl.).

Species escaping from cultivation spread in the territory widely (e.g. *Malus domestica* Borkh., *Amelanchier spicata* (Lam.) K. Koch, *Cotoneaster lucidus* Schltdl.) or locally, in the vicinity of settlements (e.g. *Armoracia rusticana* P.G. Gaertn., B. Mey. et Scherb.).

Species that cannot be unequivocally attributed to one of the two previously named groups, e.g. *Populus alba* L.

Species that appeared as a result of germination of plant buds (ejected in the vicinity of settlements), e.g. *Hemerocallis fulva* (L.) L., *Scilla siberica* Haw.

Species intentionally planted, e.g. *Larix* sp.

Species of steppe zone with no obvious path of pervasion, e.g. *Anisantha tectorum* (L.) Nevski.

Thus the Reserve alien flora consists of alien species common in the region and was enriched by species escaping from cultivation and by steppe species.

Филогенетическая биогеография порядка саговниковые (Cycadales)

Рослов М.С.
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия
maxim.roslov@gmail.com

Порядок саговниковые (Cycadales) объединяет 2 семейства с 10 родами и около 350 видами архаичных голосеменных. Их ареал охватывает Южную, Юго-Восточную и Восточную Азию, Австралию, Африку, Вест-Индию, Северную и Южную Америку. 8 родов являются эндемиками материков. История формирования и распространения данной группы продолжительное время является предметом дискуссий. Цель исследования – реконструкция истории расселения Cycadales. В ходе исследования выполнен кладистический анализ молекулярно-генетических (3 маркера: ITS/5.8S рРНК, *matK*, *phyP*) и 38 морфологических признаков 51 вида саговниковых и *Ginkgo biloba* L. в качестве внешней группы, в результате чего получена следующая топология кладограммы: [*Cycas* [[*Microcycas*, *Zamia*] [[*Stangeria*, *Ceratozamia*] [*Bowenia* [*Dioon* [*Macrozamia* [*Lepidozamia*, *Encephalartos*]]]]]]. На основании филогении, палеоботанических данных и климатических реконструкций была изучена филогенетическая биогеография Cycadales и предложена модель расселения этой группы. Древнейшие из известных фоссилий саговниковых, описанные из раннепермских отложений северо-востока Китая и Тайваня, и базальное положение рода *Cycas* L. (Азия, Австралия, Мадагаскар), позволяют считать областью происхождения группы территорию современной Восточной Азии, откуда в мезозойскую эру Cycadales расселились по всей Пангее, став одной из господствующих групп растений. Образование родов *Microcycas* (Miq.) A. DC. (Куба) и *Zamia* L. (Америка), как и *Ceratozamia* Brongn. (Северная Америка) и *Stangeria* T. Moore (Африка) связано с трансатлантическими дизъюнкциями, а обособление родов *Bowenia* Hook. ex Hook.f. (Австралия), *Dioon* Lindl. (Северная Америка), *Macrozamia* Miq. (Австралия), *Lepidozamia* Regel (Австралия) и *Encephalartos* Lehm. (Африка) вызвано распадом Гондваны. Окончательное формирование современных видов Cycadales и их ареалов произошло в кайнозое в результате образования климатических или орографических барьеров. Полученная модель расселения Cycadales согласуется с палеоботаническими данными, что может свидетельствовать о её достоверности.

Phylogenetic biogeography of Cycadales

Roslov M.S.
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

The order Cycadales contains two families, with 10 genera and about 350 species of archaic gymnosperms. Cycads are distributed through the warmer areas of the East, Southeast and South Asia, Australia, Africa, West Indies, North and South America. Eight genera are endemics to continents. A stable biogeographic history for the cycads has been elusive. The aim of the study is to reconstruct the history of the distribution of Cycadales. Phylogenetic relationships among the 51 species of cycads and *Ginkgo biloba* L. as the outgroup were reconstructed using molecular (3 markers: the ITS/5.8S rRNA sequences, the *phyP* gene and the *matK* gene) and 38 morphological characteristics. The analysis supports a tree topology of [*Cycas* [[*Microcycas*, *Zamia*] [[*Stangeria*, *Ceratozamia*] [*Bowenia* [*Dioon* [*Macrozamia* [*Lepidozamia*, *Encephalartos*]]]]]]. According to the phylogenies, the fossil records and climate reconstructions the phylogenetic biogeography of Cycadales is hypothesized. The earliest known cycad fossils date to the Early Permian of Northeast China and Taiwan. *Cycas* L. (Asia, Australia, Madagascar) is the basal-most genus of Cycadales. This would also support a putative ancestral distribution in East Asia for the order. The Mesozoic was characterized by an increased occurrence and diversity of cycads broadly distributed throughout the Pangaea. The separation of genera *Microcycas* (Miq.) A. DC. (Cuba) and *Zamia* L. (America), as well as *Ceratozamia* Brongn. (North America) and *Stangeria* T. Moore (Africa) imply transatlantic vicariances. The genera *Bowenia* Hook. Ex Hook.f. (Australia), *Dioon* Lindl. (North America), *Macrozamia* Miq. (Australia), *Lepidozamia* Regel (Australia) and *Encephalartos* Lehm. (Africa) were isolated by the breakup of Gondwana. Extant species of cycads and their ranges finally formed in the Cenozoic under the influence of climatic changes and orogenic events. The fossil record supports this hypothesis of the dissemination of Cycadales, and this establishes its validity.

Итоги флористического исследования северо-запада Тосненского района (Ленинградская область)

Саидов Н.Т.
Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
Nick-saidov@yandex.ru

В 2016–2017 гг. нами было проведено исследование флоры сосудистых растений северо-запада Тосненского района. Оно охватило примерно десятую часть Тосненского района (до 300 км^2), включая город Тосно

(административный центр), памятник природы регионального значения «Саблинский» и близлежащие территории.

Основной задачей было создание актуального списка видов сосудистых растений обследуемой территории. При составлении списка флоры были частично учтены материалы, имеющиеся в гербарных фондах СПбГУ (LECB) и БИН РАН (LE).

Полевые флористические исследования проводились маршрутным способом. Маршруты были спланированы так, чтобы охватить всё разнообразие растительных сообществ. Обработка полученных данных осуществлялась при помощи математических методов, посредством количественного учёта и дальнейшего анализа числа видов, и статистических методов, путём сравнения полученных данных с исследованиями прошлых лет.

По полученным на сегодня результатам, флора рассматриваемой территории включает свыше 640 видов сосудистых растений. Нашими наблюдениями подтверждено произрастание не менее 552 видов, относящихся к 288 родам из 85 семейств. Пять ведущих семейств (около 35% от всего видового состава): *Asteraceae*, *Poaceae*, *Cyperaceae*, *Rosaceae*, *Fabaceae*. Часть обнаруженных видов является редкими на данной территории, главным образом, в связи с недостаточно подходящими условиями для жизни (*Androsace filiformis* Retz., произрастающий на сырых грунтовых дорогах; *Galium triflorum* Michx., в виду приуроченности к сильно увлажнённым смешанным и темнохвойным лесам; *Chaenorhinum minus* (L.) Lange, как заносное растение, встречающееся у дорог). Шесть видов впервые отмечены на территории Тосненского района: *Conium maculatum* L., *Corispermum leptopterum* (Asch.) Iljin, *Cynoglossum officinale* L., *Limosella aquatica* L., *Oenanthe aquatica* (L.) Poir., *Veronica opaca* Fr. Также обнаружены виды растений, включенные в списки, как Красной книги Ленинградской области (*Equisetum variegatum* Schleich. ex Weber et D. Mohr), так и Красной книги Российской Федерации (*Dactylorhiza baltica* (Klinge) Nevski).

Results of floristic research of the Northwest of the Tosnensky district (Leningrad Region)

Saidov N.T.
St. Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

In 2016–2017, we conducted a study of the vascular flora of the Northwest of the Tosnensky district. It covered about a tenth of the Tosnensky district (about 300 km^2) including Tosno (administrative center), the nature monument of regional significance Sablinsky and nearby areas.

The main goal of the study was to create a comprehensive list of vascular plant species of the area investigated. To compile the species list, herbarium samples stored at the herbaria of St. Petersburg State University (LECB) and Komarov Botanical Institute (LE) were partially taken into account.

The field surveys were conducted by a route method. The routes were designed to cover the entire diversity of plant communities. The analysis of the obtained data was carried out using mathematical methods, through quantitative accounting and further analysis of the number of species, and statistical methods by comparing the obtained data with the previous studies.

According to the data obtained, the flora of the Northwest of the Tosnensky district contains at least 640 vascular plants species. Our observations confirmed the presence of at least 552 species belonging to 288 genera and 85 families. Five richest families (about 35% of the total species composition) are *Asteraceae*, *Poaceae*, *Cyperaceae*, *Rosaceae* and *Fabaceae*. Some of the species found are rare in this area, mainly due to lack of suitable habitats (e.g. *Androsace filiformis* Retz., growing on moist dirt roads; *Galium triflorum* Michx., in view of the relation to wet mixed and dark coniferous forests; *Chaenorhinum minus* (L.) Lange, as an alien plant, which occurs near the roads). Six species were recorded in the Tosnensky district for the first time: *Conium maculatum* L., *Corispermum leptopterum* (Asch.) Iljin, *Cynoglossum officinale* L., *Limosella aquatica* L., *Oenanthe aquatica* (L.) Poir., and *Veronica opaca* Fr. Two legally protected plant species: *Equisetum variegatum* Schleich. ex Weber et D. Mohr (included in the Red Data Book of the Leningrad region) and *Dactylorhiza baltica* (Klinge) Nevski (included in the Red Data Book of the Russian Federation) were also found.

Результаты хорологического анализа полыней подрода *Seriphidium* Besser ex Less. (Asteraceae) Центрального Казахстана

Чигодайкина Д.С.
Томский государственный университет, Томск, Россия
dashachigodaykina@mail.ru

Подрод *Seriphidium* Besser ex Less., является одной из крупнейших групп в пределах рода *Artemisia* L. и насчитывает более 100 видов. Во флоре Центрального Казахстана (ЦК) подрод включает 15 видов, зачастую выступающих эдификаторами растительных сообществ степей и пустынь. Для Республики Казахстан эти полыни – ценные лекарственные и хозяйственно значимые растения, в связи, с чем актуально изучение особенностей их хорологии.

Для выяснения общего характера ареалов использованы литературные источники, включая монографические обработки рода и региональные обработки «флор» и «определителей». Выделены четыре типа ареалов: 1) казахстанский тип (Центральный и Восточный Казахстан), включающий *A. scopiformis* Ledeb., *A. terrae-albae* Krasch., *A. sublessingiana* (Kell) Krasch. ex Poljakov, а также строгие эндемики ЦК – *A. aralensis* Krasch., *A. camelorum* Krasch., *A. semiarida* (Krasch. et Lavrenko) Filatova – всего шесть видов; 2) центральноазиатский тип

(центральная и юго-восточная часть Казахстана и Северо-Западный Китай): *A. juncea* Kar.et Kir. и *A. siasanica* (Krasch.) Filatova – два вида; 3) сибирско-центральноазиатский тип (Западная и Восточная Сибирь, центральная и юго-восточная часть Казахстана, Северо-Восточный Китай, Монголия): *A. compacta* Fisch. ex DC., *A. schrenkiana* Ledeb., *A. pauciflora* Web. ex Stechm., *A. grascilescens* Krasch. et Iljin., *A. nirtrosa* Web. ex Stechm., *A. kasakorum* (Krasch.) N. Pavl. – шесть видов; 4) азиатский тип (европейская часть России, Западная Сибирь, ЦК): *A. lercheana* Web. ex Stechm.

Хорологический анализ показал существенное преобладание видов с казахстанским и сибирско-центральноазиатским типом ареалов и наименьшее участие видов с центральноазиатским и азиатским типом. Таким образом, очевидно, все исследуемые виды азиатские по происхождению, их ареалы лежат в границах Казахстана, Китая, Монголии и России. Высокий уровень эндемизма (пять субэндемиков, три эндемика) свидетельствует об автохтонных тенденциях развития видов подрода *Seriphidium* и центре их происхождения, непосредственно связанного с ЦК.

Results of the chorological analysis of wormwood of the subgenus *Seriphidium* Besser ex Less. (Asteraceae) of Central Kazakhstan

Chigodaykina D.S.
Tomsk State University, Tomsk, Russia

Subgenus *Seriphidium* Besser ex Less. is one of the largest in genus *Artemisia* L. counting more than 100 species. There are 15 species of *Seriphidium* in the flora of Central Kazakhstan (CK), often serving as dominants in plant communities of steppes and deserts. These wormwoods are valuable medicinal and economically significant plants for the Republic of Kazakhstan therefore the study of the peculiarities of their chorology is significant.

Literature sources including monographic regional reviews of the genus and regional “floras” and “manuals” were used to reveal the patterns of the geographical ranges of the species. There are four types of ranges: 1) Kazakhstan type (Central and Eastern Kazakhstan), including *A. scopiformis* Ledeb., *A. terrae-albae* Krasch., *A. sublessingiana* (Kell) Krasch. ex Poljak, and strict endemics of the CK – *A. aralensis* Krasch., A. *camelorum* Krasch., *A. semiarida* (Krasch. et Lavrenko) Filatova; 2) Central Asian type (Central and Southeast part of Kazakhstan and Northeastern China): *A. juncea* Kar. et Kir. and *A. siasanica* (Krasch.) Filatova; 3) Siberian-Central Asian type (Western and Eastern Siberia, Central and Southeastern Kazakhstan, Northeastern China, Mongolia): *A. compacta* Fisch. ex DC., *A. schrenkiana* Ledeb., *A. pauciflora* Web. ex Stechm. *A. grascilescens* Krasch. et Iljin., *A. nirtrosa* Web. ex Stechm., *A. kasakorum* (H. Krasch.) N. Pavl.; 4) Asian type (European part of Russia, Western Siberia, CK): *A. lercheana* Web. ex Stechm.

The chorological analysis showed a significant predominance of species with the Kazakhstan and Siberian-Central Asian types of ranges and the smallest participation of species with the Central Asian and Asian types. Thus it is obvious that all explored species have Asian origin, their ranges are within the borders of Kazakhstan, China, Mongolia and Russia. A high level of endemism (five subendemics, three endemics) indicates autochthonous trends in the development of species of the subgenus *Seriphidium* and the center of their origin directly associated with the CK.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ОХРАНА РАСТЕНИЙ

Оценка состояния вязов в зелёных насаждениях Санкт-Петербурга на примере Центрального района

Бараева О.К., Фатьянова Е.В.
Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
trilobit538@gmail.com

Вязы обычны в озеленении Петербурга, но остро стоит проблема их поражения голландской болезнью (графиозом), приводящей к гибели многих особей. Мониторинг распространения этого заболевания ведется на выборочных объектах. В литературе приводятся результаты оценки состояния всех вязов Василеостровского и Петроградского районов. Цель работы – полное обследование вязов Центрального района города Санкт-Петербург.

В посадках найдены вяз гладкий (*Ulmus laevis* Pall.), вяз шершавый (*Ulmus scabra* Huds.) и сортовые вязы, часть которых отбирались как устойчивые к графиозу и были эффективны в Европе.

Состояние вязов оценивалось по стандартной методике (в баллах от 1 до 6: 1 – без ослабления, 3 – сильно ослабленные, 5 и 6 – сухостои текущего года и прошлых лет). Отмечались повреждения, наличие вязовых заболонников – переносчиков графиоза, их следов пребывания, доля поражения кроны графиозом. Выявлялись прочие факторы ослабления, высота, окружность стволов и возраст модельных деревьев.

Большинство вязов находится в хорошем состоянии: 67% деревьев присвоен 1 балл, 21 % – 2 балла. Развитие графиоза – главный фактор ослабления вязов в Центральном районе Петербурга, лишь на Синопской набережной ключевую роль играет ветер. В 36 объектах из обследованных 47 присутствуют особи, пораженные голландской болезнью. В 11 объектах больны более трети вязов. Из 324 сортовых вязов, растущих в Центральном районе, более трети (142 шт.) поражено графиозом, среди них – резистентные сорта.

Обычно о результатах обследования насаждений судят по доле деревьев в разных категориях состояния. Однако с учетом доли вязовых посадок, в которых присутствуют пораженные графиозом особи, их распределения по объектам озеленения и скорости развития заболевания, состояние вязовых посадок Центрального района нельзя считать благополучным.

Estimation of the elms condition in the greening areas in the Central District of St. Petersburg

Baraeva O.K., Fatianova E.V.
St. Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

Elms are typical in the gardening of St. Petersburg, but there is a significant problem of Dutch elm disease (graphiosis), leading to the trees death. Monitoring of graphiosis spreading is carried out selectively. There are results of condition estimation for all elms in the Vasileostrovskii and Petrogradskii Districts. The aim of our work is a complete examination of elms in the Central District of St. Petersburg.

There are *Ulmus laevis* Pall., *Ulmus scabra* Huds. and varietal elms (some were chosen as resistant to graphiosis and proved effective in Europe) in the plantations.

The elms condition was estimated according to the standard method (in points 1–6: 1 – without weakening, 3 – severely weakened, 5 and 6 – died this year and previous years). Injuries, the presence of the graphiosis carrier European elm-bark beetle, traces of its activity, the proportion of the crown affected by the Dutch disease were noted. Other weakening factors, the height, the trunk circumference, the age of the sample trees were detected.

Most of the elms are in good condition: 67% of the trees are assigned with 1 point, 21% – 2 points. The elms condition decline is mostly associated with graphiosis progress. Only at Sinopskaya embankment the main weakening factor is wind. There are trees affected by graphiosis in 36 objects from the 47 examined. More than a third of the elms are affected in 11 sites. More than a third (142) of the 324 varietal elms are infected by graphiosis in the Central District, including the resistant varieties.

Normally the proportion of trees in different condition categories is considered as an index of a plantation condition. Taking into account the proportion of sites with graphiosis infected elms, their distribution among the greening areas and the rate of the disease progress, the condition of elm plantations in the Central District cannot be considered as safe.

Изменение проективного покрытия нижних ярусов сосновых лесов Кольского полуострова при искусственном загрязнении почвы полиметаллической пылью

Бондаренко М.С.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
mbondarenko@binran.ru

Целью исследования является оценка изменения проективного покрытия (ПП) нижних ярусов сосновых лесов Кольского полуострова при искуственном загрязнении почвы полиметаллической пылью.

В период 2011–2016 гг. на каждом из четырех постоянных пробных площадей (ППП) было заложено по 50 учетных площадок размером 50×50 см по градиенту снижения ПП кустистых лишайников рода *Cladonia*, на которых было измерено ПП всех слагающих напочвенный покров видов. Для оценки уровня загрязнения почвы тяжелыми металлами (ТМ) рассчитывался индекс техногенной нагрузки (ИТН).

На всех пробных площадях среднее ПП травяно-кустарничкового яруса (ТКЯ) – от 11±1 до 16±1% и пределы их варьирования 0,3–45% (минимум–максимум), среднее ПП мохово-лишайникового яруса – от 43±4 до 63±3%, интервал варьирования от 2 до 97%, среднее ПП лишайников – от 29±3 до 63±3% и пределы варьирования 2–97%, среднее ПП мхов в лишайниково-зеленомошном типе лесов составляет 14±3%, а интервал варьирования 0–87%. Максимальные значения для лишайникового сосняка со старовозрастным древостоем, а минимальные – для лишайникового-зеленомошного типа, за исключением ПП ТКЯ (минимальное значение ПП определено для лишайникового сосняка со средневозрастным древостоем).

При увеличении ИТН достоверно снижается ПП лишайников (*Cladonia stellaris* (Opiz.) Brodo, *Cl. rangiferina* (L.) Nyl., *Cl. uncialis* (L.) Weber ex F.H. Wigg., *Cl. mitis* (Sandst.) Hustich) во всех лишайниковых сосняках, а также ПП мхов в лишайниково-зеленомошном сосняке. ПП *Cl. uncialis* снижается только в двух сосняках лишайниковых.

Таким образом, загрязнение почвы тяжелыми металлами приводит к достоверному снижению проективного покрытия лишайникового покрова в 1,4–4,5 раза при уровне индекса техногенной нагрузки 27 отн. ед., а также к снижению мохового покрова в 8 раз при уровне индекса техногенной нагрузки 24 отн. ед. Травяно-кустарничковый ярус устойчив к загрязнению почвы тяжелыми металлами при уровнях индекса техногенной нагрузки от 1 до 86 отн. ед.

Response of foliage cover of lower layers of pine forests of the Kola peninsula under soil pollution by polymetallic dust

Bondarenko M.S.
Komarov Botanical Institute of Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

The aim of research is valuation of response of foliage cover of lower layers of pine forests of the Kola peninsula under soil pollution by polymetallic dust.

There was an establishment of 50 sites sized by 50x50 cm by gradient of foliage cover decrease of fruticose lichen of *Cladonia* genus in a period of time between 2011 and 2016 years on all four experimental areas. Foliage cover of all ground cover species was measured on them. To determine a pollution level of soil by heavy metals an index of technogenics load was calculated.

The average value of foliage cover of grass-shrub layer on all experimental areas is from 11±1 to 16±1% and their limits of variation are 0,3–45% (from minimum to maximum). The foliage cover's average value of lichen-greenmoss layer is from 43±4 to 63±3%, with variation interval from 2 to 97%; lichen cover – from 29±3 to 63±3% with the same variation interval 2–97%. The average value of foliage cover of mosses in lichen-greenmoss type of pine forest is 14±3% with variation interval from 0 to 87%. Maximum values for lichen pine forest are standing for old-aged tree layer while minimum values are for lichen-greenmoss type with the exclusion of foliage cover of grass-shrub layer (minimum value of foliage cover was determined for lichen pine forest with middle-aged tree layer).

It is certain that the lichen foliage cover (*Cladonia stellaris* (Opiz.) Brodo, *Cl. rangiferina* (L.) Nyl., *Cl. uncialis* (L.) Weber ex F.H. Wigg., *Cl. mitis* (Sandst.) Hustich) is decreasing with increasing the index of technogenics load in all the lichen pine forest. The same applies to the foliage cover of mosses in lichen greenmoss type. The foliage cover of *Cl. uncialis* decreases only in two lichen pine forests.

Thus, the soil pollution by heavy metals leads to certain decrease of foliage cover of lichen layer 1,4–4,5 times with index of technogenics load equaled to 27 relative unites. That also leads to 8 times lichen layer decrease with index of technogenics load equaled to 24 relative unites. The grass-shrub layer is stable to soil pollution by heavy metals with index of technogenics load equaled from 1 to 86 relative units.

Элементный состав тысячелистника благородного (*Achillea nobilis* L.) степной зоны Оренбургской области

Власенко Д.В., Щугорева Е.А., Рябухина М.В., Рябинина З.Н., Злобина Ю.М.
Оренбургский государственный педагогический университет, Оренбург, Россия
orengreen1@yandex.ru

Лекарственное растение-космополит тысячелистник благородный *(Achillea nobilis L.)* выбрано нами для оценки его биоиндикационных свойств и способности аккумулировать вещества, поступающие из почвы.

Цель исследования – определить содержание тяжелых металлов (Hg, Pb) и микроэлементов-биофилов (Na, Zn, Cu, Fe) в *A. nobilis*.

Объект исследования – фотосинтезирующие части (трава) *A. nobilis*, собранные в Гайском и Новоорском районе Оренбургской области. *A. nobilis* – многолетнее травянистое растение семейства астровых (Asteraceae). В траве тысячелистника содержится горький гликозид ахиллеин, эфирное масло, в состав которого входят азулены, сложные эфиры, камфора, муравьиная, изовалериановая, уксусная кислоты, флавоноиды. В траве также содержатся дубильные вещества, смолы, каротин, витамины С, К, горечи, фитонциды, инулин, алкалоиды. Исследовалось растительное сырье на содержание микроэлементов-биофилов (Na, Zn, Cu, Fe) и тяжелых металлов (Hg, Pb). Определение содержания химических элементов в растительном сырье производили атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре AAS-30 (Германия). В пробах определяли содержание элементов: натрия, цинка, меди, железа, ртути и свинца.

В результате исследования установлено, что видоспецифичность *A. nobilis* по отношению к тяжёлым

металлам заключается в том, что растение проявляет избирательную кумуляцию веществ, необходимых для обеспечения физиологических процессов и роста. В контроле, где концентрация биофильных элементов в почве низкая, растение выступают в качестве концентратора. В образцах, собранных в радиусе 3 км от техногенно нарушенной зоны, обнаружено повышенное, по сравнению с контрольным образцом, содержание тяжелых металлов. Сравнение содержания микроэлементов-биофилов и тяжелых металлов в почве и траве *A. nobilis*. показало, что физиологический барьер характерен для Na, Cu, Hg, Pb. Кумуляция в надземной части тысячелистника отмечена для Zn, Fe. Элементный биохимический состав *A. nobilis*. можно рассматривать в качестве биоиндикационной реакции по определению биогеохимической ситуации в техногенно нарушенном районе.

Element structure of the yarrow noble (*Achillea nobilis* L.) steppe zone of the Orenburg region

Vlasenko D.V., Shchugoreva E.A., Ryabuhina M.V., Ryabinina Z.N., Zlobina Yu.M.
Orenburg State Pedagogical University, Orenburg, Russia

The officinal plant cosmopolitan yarrow noble (*Achillea nobilis* L.) is chosen by us for the assessment of its bioindicator properties and ability to accumulate substances arriving from the soil.

The research objective is to determine the content of heavy metals (Hg, Pb) and minerals-biofils (Na, Zn, Cu, Fe) in A. *nobilis*. The subject of research is the photosynthetic parts (grass) of *A. nobilis* collected in the Gaysk and New Orsk districts of the Orenburg region. A. *nobilis* is a perennial grassy plant of the family of Astrov – Asteraceae. The grass of the yarrow contains the bitter glycoside Achillea, essential oil which contains azulenes, esters, camphor, ant, isovalerian, acetic acids, flavonoids. The grass also contains tannins, pitches, carotene, vitamins C, potassium, bitterness, phytoncides, inulin, alkaloids. The plant raw material was investigated to detect the presence of microelements-biofils (Na, Zn, Cu, Fe) and heavy metals (Hg, Pb). Determination of the content of chemical elements in the plant raw materials was made by the atomic and absorbing method on the AAS-30 spectrophotometer (Germany). In tests the presence of the following elements was detected: sodium, zinc, copper, iron, mercury and lead.

As a result of the research, it is established that *A. nobilis* is species specific in relation to heavy metals and shows a selective cumulation of the substances necessary for ensuring its physiological processes and growth. In control, where the concentration of biofils in the soil is low, the plant acts as a concentrator. In the samples collected within a radius of 3 km from the man-made disturbed zone the content of heavy metals increased in comparison with the control sample. Comparison of the maintenance of minerals-biofils and heavy metals in the soil and the grass of *A. nobilis* has shown that physiological barrier is characteristic of Na, Cu, Hg, Pb. Cumulation in the elevated part of the yarrow is noted for Zn, Fe. The element biochemical structure of *A. nobilis* can be considered as a bioindicator reaction to the biogeochemical situation in a man-made disturbed area.

***Nitraria schoberi* L. – редкий вид Дагестана**

Гаджиатаев М.Г., Асадулаев З.М.
Горный ботанический сад ДНЦ РАН, Махачкала, Россия
gadzhiataev@mail.ru

Nitraria schoberi L. – третичный, ксеротермический галофит, фреатофит флоры Дагестана. Редкость данного вида определяется слабой конкурентоспособностью и приспособленностью к специфическим слабозасоленным почвам с грунтовыми водами.

Цель работы – анализ достоверности информации о местах и условиях произрастания *N. schoberi* в Красной книги РД.

В Красной книге Дагестана для *N. schoberi* определена 3 категория редкости и указаны десять локальных мест произрастания. Нами для поиска и изучения природных популяций организованы девять экспедиций по Низменному и Внутригорному Дагестану, в ходе которых обнаружены и изучаются четыре популяции данного вида: 1) Кумская – расположена на правом берегу реки Кума, на границе с Калмыкией. Численность популяции – 120 кустов. Площадь – 20 га. Высота – -23м над ур. моря; 2) Численность алтауской популяции 32 куста, произрастает на берегу соленого озера Алтауское, расположенного в Кумторкалинском районе. Площадь –2 га. Высота – -23м над ур. моря; 3) Сулакская популяция крупнее – 750 кустов, произрастает вблизи поселка Сулак, на берегу Каспийского моря. Рельеф представлен песчаными дюнами, и курганами, образованными вокруг кустов данного вида. Площадь – 80 га. Высота – -29м над ур. моря; 4) Ботлихская – расположена во Внутригорном Дагестане на высоте около 800 м над ур. моря, на южной окраине села Ботлих, на склоне Андийского хребта. Численность популяции – 82 куста. Площадь – 2 га.

Выявлено, что информация, указанная в Красной книге Дагестана о местах произрастания популяций *N. schoberi* является устаревшей. Условия произрастания *N. schoberi* различны: на берегах соленых озер (Алтауская), на приморских песчано-глинистых низинах (Сулакская), в пустынной зоне Прикаспийской низменности (Кумская), а также в аридных условиях горных систем на щебнистых склонах (Ботлихская).

***Nitraria schoberi* L. - a rare species of Dagestan**

Gadzhiataev M.G., Asadulaev Z.M.
Mountain Botanical Garden of the Dagestan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia

Nitraria schoberi L. is a tertiary, xerothermic halophyte, phreatophyte of the flora of Dagestan. The rarity of this species is determined by its weak competitiveness and adaptability to specific low salinity soils with groundwater.

The purpose of this work is to analyze the reliability of the information about the places and conditions of growth of *N. schoberi* in the Red Book of the Republic of Dagestan.

In the Red Book of Dagestan, for *N. schoberi*, 3 categories of rarity are identified and ten local habitats are listed. We have organized nine expeditions to search and study natural populations in the Lowland and Intramountain Dagestan, during which four populations of this species are found and studied: 1) The Kumskaya population is located on the right bank of the Kuma river, on the border with Kalmykia. The population is 120 bushes. The area is 20 hectares. The height is -23 m above sea level; 2) The Altaus population – 32 bushes, growing on the shore of the salt lake of Altaus, located in the Kumtorkalinsky district. Area -2 hectares. Height – -23m above sea level; 3) The Sulak population is larger - 750 bushes, grows near the village of Sulak, on the shore of the Caspian Sea. The relief is represented by sand dunes, and mounds formed around the bushes of this species. Area – 80 ha. Height is -29 m above sea level; 4) The Botlikh population is located in the Intermountain Dagestan at a height of 800 m above sea level, on the southern outskirts of the village of Botlikh, on the slope of the Andean ridge. Population - 82 bushes. Area - 2 hectares.

It is revealed that the information specified in the Red Book of Dagestan about the places of growth of *N. schoberi* is outdated. The growing conditions of *N. schoberi* population are diverse: on the shores of salty lakes (Altaus), on the seaside sandy-clay lowlands (Sulak), in the desert zone of the Caspian lowland (Kuma), as well as in the arid conditions of mountain systems on gravelly slopes (Botlikh).

Особенности роста сосны обыкновенной *(Pinus sylvestris* L.) на ранних этапах послепожарного восстановления

Евдокимов А.С.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
sansay78@rambler.ru

В таёжной зоне Кольского полуострова господствуют хвойные леса, определяя облик его основных ландшафтов. Преобладающей породой является сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), сообщества которой занимают около 50 % лесопокрытой площади.

Целью данного исследования является сравнительный анализ радиальных приростов у сосны обыкновенной на ранних этапах развития растения. Таким образом, нами рассмотрен первый этап в ряду восстановительной динамики сосняков. Мы использовали данные по радиальным приростам, полученные в ценопопуляции сосняка лишайникового с давностью пожара около 65 лет, произрастающего в фоновом районе Кольского полуострова.

Исследования показали, что в данной ценопопуляции радиальный прирост за данный период напрямую зависит от состояния растения. Так, для здоровых деревьев в каждой ступени толщины ствола (8; 12; 16; 20 см), показатель этой величины варьирует от 1,11 до 1,71 мм/год; для ослабленных – от 0,74 до 1,14 мм/год; для сильно ослабленных – от 0,41 до 0,98 мм/год. Средний радиальный прирост за весь период жизни зависит от природных и антропогенных факторов. Здесь разница по приростам внутри одной группы варьирует в пределах 0,2-0,6 мм (на ранних этапах развития этот показатель доходит до 1,3 мм/год). Также следует отметить, что общий средний радиальный прирост в группе с наименьшим диаметром ствола (7-9 см) для здоровых особей резко отличается от остальных групп (1,03 мм/год, в отличие от 1,41-1,61 мм/год для общего прироста деревьев ценоппопуляции). Однако для сосновых лесов Кольского полуострова этот показатель обычно ниже – порядка 1,06-1,24 мм/год.

Таким образом, дифференциация на категории состояния может наблюдаться уже на ранних этапах восстановления сообщества в результате конкуренции между деревьями в наземной части и в зоне корневых систем и от индивидуальными условий произрастания растений.

Peculiarities of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) growth at the early stages of post-fire restoration

Evdokimov A.S.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

Coniferous forests prevail in the taiga zone of the Kola Peninsula, determining the shape of its main landscapes. The predominant species is the pine, whose communities occupy about 50% of the wooded area.

The purpose of this study is the comparative analysis of Scots pine radial growth at the early stages of the plant development. Thus, we consider the first stage in the series of restoration dynamics of pine forests. We used the data on the radial increments obtained for the cenopopulation of lichen pine with the age of fire of about 65 years, growing on the Kola Peninsula.

The research has shown that in the given cenopopulation the radial gain during this period directly depends on the condition of a plant. For healthy trees in each step of thickness (8, 12, 16, 20 cm), the value of this metric varies from 1,11 to 1,71 mm/year; for the weakened - from 0,74 to 1,14 mm/year; for significantly faint - from 0,41 to 0,98 mm/year. The

average radial growth over the entire period of life depends on natural and anthropogenic factors. Here the difference in increments within each group varies with the range of 0,2-0,6 mm (in the first 20 years of life the estimation reaches 1,3 mm). It should also be noted that the total average radial gain in the group with the smallest trunk diameter (7-9 cm) for healthy individuals differs sharply from other groups (1,03 mm/year, in contrast to 1,41-1,61 mm/year for the total growth of trees within the cenpopulation). However, for pine forests of the Kola Peninsula the quantitative expectation is usually lower - about 1,06-1,24 mm/year.

Thus, separation into the categories of state can be observed at the early stages of community restoration as a result of competition between the trees in the terrestrial part and in the zone of root systems and depending on the individual conditions of plant growth.

Влияние экологических факторов на состояние пойменного леса Затонской косы Цимлянского водохранилища

Зданевич Е.В., Поздеева Е.Н.
Средняя школа №3 г. Калача-на-Дону, Волгоградская область, Россия
ekodon@list.ru

Площадь косы составляет около 5 гектаров. Имеет большое значение как место отдыха населения. Цель работы – оценка влияния экологических факторов на состояние пойменного леса Затонской косы. Для достижения цели решались задачи по изучению действующего законодательства, выявлению и оценке антропогенного воздействия на изучаемую территорию, влиянию биотических и абиотических факторов среды.

При проведении исследований использовался метод пешеходного рекогносцировочного маршрутного обследования территории по заранее отработанному маршруту.

Были выявлены антропогенные факторы, влияющие на экологическое состояние пойменного леса: выпас скота, заготовка дров, нахождение в водоохранной зоне автомобилей, съезды автомобилей в воду, мытьё автомобилей, наличие необорудованных кострищ, следы ландшафтных пожаров, мусор, свалка строительных отходов, изрезанность косы грунтовыми дорогами. В результате загрязняется акватория, деградирует почвенный покров, нарушается гидрологический режим территории, вынос в Цимлянское водохранилище биогенного и загрязняющих веществ.

Абиотические факторы: гидрологический режим территории и сухость воздуха, вызывающая характерную суховершинность деревьев. Близкое расположение грунтовых вод ведет к заболачиванию части территории. Суховершинность на косу влияния не оказывает, но ограничивает развитие деревьев в высоту.

Из биотических факторов среды следует выделить распространение инвазивных видов – Лох узколистный (*Elaeagnus angustifolia* L.) и аморфа калифорнийская (*Amorpha canescens* Pursh). *E. angustifolia* проявляет агрессию только на открытых участках. *A. canescens* в силу своих биологических особенностей вытесняет из биотопов местные кустарниковые виды ив. Можно говорить о серьезных изменениях в сообществе вплоть до смены сукцессии.

Значительная рекреационная нагрузка на пойменный лес Затонской косы, негативные перспективы требуют принятия кардинальных мер для снижения антропогенного воздействия на территорию.

The influence of environmental factors on the conditions of the flood-plain forest on the Zatonsky spit of the Tsymlyan water reservation

Zdanevich E.V., Pozdeeva E.N.
Secondary school №3 of the Kalach-on-Don city, Volgograd region, Russia

The area of the spit is not large and makes up about 5 hectares. It is of great importance as a recreation site. The aim of our work is to estimate the influence of ecological factors on the general condition of the flood plain of the Zatonskaya spit. To solve this task we carried out the study of current legislation, made identification and assessment of the anthropogenic influence on the research area, and investigated the influence of biotic and abiotic environmental factors.

During the research we used the method of pedestrian reconnaissance route survey of a territory, the route having been used before. We found the following anthropogenic factors directly affecting the ecological condition of the flood-plain forest: grazing of the cattle, stocking up firewood, finding cars in the water protection zone, traces of cars getting into the water, washing cars, the presence of unequipped fireplaces, marks of landscape fires, rubbish, a dump of the construction waste, roughness of the spit due to dirt roads. As a result, the water area becomes polluted, the soil cover degrades, the hydrological regime of the territory is disturbed, and biogenic and polluting substances are taken over to the Tsymlyan water reservation.

The abiotic factors are the following: the hydrological regime of the territory and the dry air, which causes characteristic dryness of the trees. The proximity of groundwater leads to bogging of part of the territory. Dryness has no effect on the spit, but it limits the development of trees in height.

As for the biotic factors of the environment, of special interest is the distribution of invasive species – *Elaeagnus angustifolia* L. and *Amorpha canescens* Pursh. *E. angustifolia* shows its aggression only in open areas. *A. canescens*, due to its biological characteristics, displaces local shrubby species of willows from the biotopes. This might evidence for the major changes in the community, up to succession change. A significant recreational load on the flood-plain forest of the Zatonsky spit and negative prospects require taking strict measures to reduce the anthropogenic influence on the territory.

Степень изученности репродуктивной биологии растений Красной книги Ростовской области (на примере двудольных покрытосеменных)

Карасёва Т.А.
Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия
takaras@yandex.ru

Особенности репродуктивной биологии (РБ) угрожаемых видов растений – один из важных факторов, служащих основой разработки мер по охране и восстановлению естественных популяций и поддержанию видов в коллекциях. Нами был проведён обзор литературных источников в области РБ видов ведущих семейств двудольных покрытосеменных Красной книги Ростовской области. Для каждого вида определялось число обнаруженных источников и полнота исследования различных аспектов РБ. Составлен библиографический список, включающий свыше 250 работ.

Ведущие семейства растений КК РО весьма неоднородны в отношении изученности РБ видов. Наиболее полная информация была обнаружена по сем. Ranunculaceae, Campanulaceae, Boraginaceae, содержащим большую долю широкоареальных лесных и лесостепных видов. Слабая степень изученности сем. Asteraceae, Lamiaceae, Scrophulariaceae объясняется значительной представленностью эндемиков стран СНГ, в т. ч. видов со специфической субстратной приуроченностью.

Степень изученности видов Красной книги Российской Федерации во флоре Ростовской области существенно ниже общей в рассматриваемой группе. Число обнаруженных работ по РБ *Artemisia hololeuca* Bieb. ex Bess., *Jurinea cretacea* Bunge, *Hyssopus cretaceus* Dubjan., *Cymbochasma borysthenica* Klok. и др. не превышает 1 – 2 источника. В наибольшей степени изучены *Eryngium maritimum* L. – европейско-средиземноморский вид, относимый к редким на всём протяжении ареала, и *Hedysarum grandiflorum* Pall., как объект целенаправленных популяционных исследований.

Степень изученности различных аспектов РБ также весьма неоднородна. Наибольшее число публикаций включает элементы морфологии и биологии семян и определение семенной продуктивности видов. Весьма немногочисленны работы в области антэкологии и выявления самонесовместимости – аспектов, изучение которых имеет немаловажное значение при оценке состояния природных популяций и разработке мер охраны.

The degree of knowledge of reproductive biology of the Rostov region Red Book plant species (on the example of dicotyledonous angiosperms)

Karasyova T.A.
Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

The features of reproductive biology (RB) of endangered plant species are amongst the important factors required for the development of measures for the protection and restoration of the natural populations of these species and their maintenance in collections. We conducted a literature survey in the field of plant RB of the leading dicotyledonous families of the Rostov region Red Book. The number and relevance of literature sources were estimated for each species considered. The bibliography accounts more than 250 publications.

Plant families under consideration are significantly unequal in respect of species RB knowledge. Such families as Ranunculaceae, Campanulaceae, Boraginaceae generally possess high degree of knowledge due to a large proportion of widespread European species. The data relating to fam. Asteraceae, Lamiaceae, Scrophulariaceae was most incomplete because of predominance of CIS endemic species demonstrating specific edaphic requirement.

Data completeness of Russian Federation Red Book species distributed in the Rostov region is significantly lower than the total in the group under consideration. Just a few publications were found devoted to some RB aspects of *Artemisia hololeuca* Bieb. ex Bess., *Jurinea cretacea* Bunge, *Hyssopus cretaceus* Dubjan., *Cymbochasma borysthenica* Klok. *Eryngium maritimum* L., the Euro-Mediterranean intertidal species rare throughout the range, and *Hedysarum grandiflorum* Pall., the object of *in situ* biological research, were the best-studied species in this group.

Knowledge degree of different RB aspects of the species under consideration is also remarkably unequal. Most of the publications analyzed deal with seed morphology and biology and with seed productivity values. Embryological data are obtained only for a few species, which is due to the methodological complexity of this type of studies. Such aspects as floral biology and self-incompatibility, which are essential in developing protection measures of endangered species, haven't been sufficiently investigated either.

Прибрежные сообщества *Pinus pityusa* Steven в Юго-Западном Крыму: рекреационная нагрузка в реликтовом лесу

Каширина Е.С.
Филиал Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова, Севастополь, Россия
e_katerina.05@mail.ru

Прибрежные сообщества *Pinus pityusa* Steven встречаются на Южном берегу Крыма в двух районах – мысе Айя в Юго-Западной части и Новом Свете в Восточной части полуостров. Являясь частью курортного района, они испытывают высокие сезонные рекреационные нагрузки.

Территорией исследования является Юго-Западный Крым. Исследование влияния рекреации на реликтовые леса включали геоботанические описания, взятие укосов наземной фитомассы, определение плотности и влажности верхнего горизонта почвы.

На начальной стадии рекреационной дигрессии отмечено расширение тропиночной сети, сокращение общего проективного покрытия травяного яруса и площади, покрытой хвойной подстилкой. Вытаптывание и снятие подстилки из хвойного опада приводит к уплотнению верхнего горизонта почвы (на 10-30% от фонового) и снижению его влажности (на 30-60%).

Вторая стадия сопровождается расширением площади выбитых участков и снижением видового разнообразия травяного яруса; доля подроста и молодых деревьев в структуре сообщества снижается в 2-3 раза.

На участках третьей стадии рекреационной дигрессии снижается видовое разнообразие на 30-50%. Индикаторным видом является чий костеровидный (*Achnatherum bromoides* (L.) P. Beauv.), обилие которого снижается при рекреационных нагрузках. Сомкнутость яруса нижних кустарников (*Ruscus aculeatus* L., *Jasminum fruticans* L.) снижается с 80 до 10%. Фитомасса травяного яруса сокращается в 2-3 раза.

Третья стадия дигрессии в условиях мыса Айя не сопровождается заметным увеличениям сорных видов, что характерно для рекреационной дигрессии в бореальных лесах. Возможно, это объясняется сухостью почвы и низкой всхожестью занесенных туристами семян чужеродных растений.

Таким образом, при рекреационной дигрессии в прибрежных сообществах *Pinus pityusa* в условиях Юго-Западного Крыма происходят изменения состава и структуры растительности, снижение наземной фитомассы и уплотнение почвы.

The coastal communities of *Pinus pityusa* Steven in the South-Western Crimea: recreation impact in a relic forest

Kashirina E.S.
Sevastopol Brunch of Lomonosov Moscow State University, Sevastopol, Russia

The coastal communities of *Pinus pityusa* Steven occur in the two regions on the southern coast of the Crimea – cape Aya in the South-West and Novyi Svet in the East of the peninsula. As part of a resort area they are influenced by recreation impacts.

The study territory is the South-Western Crimea. The investigation of recreation impacts on *Pinus pityusa* forest includes studies of plant species, plant biomass and soil exposure, its compaction and moisture.

At the first stage of recreation impact the trails expand, the canopy density and turf cover decrease. Trampling leads to soil compaction (10-30%), and to the decrease of water infiltration and soil moisture (30-60%).

The second stage of recreation impact associates with the increase of uncovered area, decrease of plant biodiversity, especially of grass. The share of young trees in the vegetation structure decreases by 2-3 times.

At the third stage of recreation impact the plant biodiversity decreases by 30-50%. *Achnatherum bromoides* (L.) P. Beauv. and *Jasminum fruticans* L. are indicator species, which become less abundant under the recreation impact. The canopy of shrubs decreases from 0.8 to 0.1. Plant biomass reduces by 2-3 times.

The third stage of recreation impact is not associated with the increase of non-native species and their biomass, such an increase being characteristic of boreal forests. This might be due to soil compaction and low seedling germination of non-native species.

Thus, under the conditions of the South-Western Crimea recreational digression in the coastal communities of *Pinus pityusa* leads to changes in the composition and structure of vegetation, a decrease in biomass and soil compaction.

Особенности зарастания антропогенно-нарушенных территорий в районах газодобычи в окрестностях пос. Сабетта (п-ов Ямал)

Кузнеченкова Е.С.[1], Скворцов К.И.[1,2], Егоров А.А.[1,2], Фатьянова Е.В.[1]
[1] Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;
[2] Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия
kuznechenkova.e@mail.ru

Ямало-Ненецкий автономный округ является крупнейшей ресурсной базой по добычи нефти и газа. Разработка месторождений приводит к значительным нарушениям естественных ландшафтов. Северные природные комплексы достаточно уязвимы к антропогенному воздействию и обладают слабым потенциалом к самовосстановлению, что делает необходимым проведение работ по рекультивации нарушенных земель. Виды, пригодные для рекультивации, можно отбирать путем изучения естественного процесса зарастания на неэксплуатируемых полигонах, местах бывших стоянок техники, насыпях дорог.

В ходе полевых описаний растительности выявлено, что зарастание нарушенных участков с недостаточным увлажнением происходит медленнее, чем влажных. Для сухих нарушенных участков характерно зарастание злаками (*Deschampsia glauca* Hartm., *Poa arctica* R. Br. - вивипарная форма, *Calamagrostis holmii* Lange, *Festuca brachyphylla* Schult. et Schult. f.). Увлажненные территории зарастают преимущественно пушицей (*Eriophorum x medium* Andersson, *E. angustifolium* Honck.) и осокой (*Carex bigelowii* Torr. ex Schwein. и др.). Виды, первыми заселяющие нарушенные участки, предположительно могут быть использованы для рекультивации. Для

рекультивации можно предложить различные виды ив, в первую очередь местные (*Salix lanata* L., *S. glauca* L., *S. phylicifolia* L. и др.). Ивы хорошо приживаются в суровых условиях среды, имеют мощную корневую систему, способную укорениться даже на склонах с осыпающимся грунтом.

Полевые работы проведены при поддержке Департамента по науке и инновациям Ямало-Ненецкого автономного округа (Госконтракт от 25 июля 2012 года № 01-15/4) и при поддержке Ямал СПГ.

Features of the overgrowth of anthropogenically disturbed territories in gas production areas near the village Sabetta (Yamal Peninsula)

Kuznechenkova E.S.[1], Skvortsov K.I.[1,2], Egorov A.A.[1,2], Fatianova E.V.[1]
[1] St. Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia;
[2] Saint-Petersburg State Forest Technical University, Saint Petersburg, Russia

The Yamal-Nenets autonomous area is the biggest resource base of the gas and petroleum mining. Mining causes considerable disturbance of natural landscapes. Northern natural complexes are vulnerable to the anthropogenic influence and it is difficult for them to recover, which makes it necessary to carry on reclamation of the disturbed land. It is possible to pick up species that are adaptable for reclamation by studying the natural process of overgrowth on abandoned grounds, in former parking areas, on road mounds.

The field descriptions showed that the overgrowth of the disturbed areas with the lack of moisture is slower than that of the moist ones. Dry disturbed areas can be characterized by grass overgrowth (*Deschampsia glauca* Hartm., *Poa arctica* R. Br., *Calamagrostis holmii* Lange, *Festuca brachyphylla* Schult. et Schult. f.). Cotton grass (*Eriophorum* x *medium* Andersson, *E. angustifolium* Honck.) and sedge (*Carex bigelowii* Torr. ex Schwein. and others) usually grow in the areas with moist soil. Species that first occupy disturbed areas might be used in reclamation. Different kinds of willows can be suggested for reclamation, especially local willows (*Salix lanata* L., *S. glauca* L., *S. phylicifolia* L. and others). Willows can easily adapt to hard conditions of the environment, they have a powerful root system and can take root even on the slopes with crumbling ground.

Fieldworks were conducted with the support of the Department of science and innovations of the Yamal-Nenets autonomous area (the state contract dated 25 July 2012 № 01-15/4) and Yamal LNG.

Мониторинг растительного покрова на территории горно-туристического центра ПАО «Газпром»

Куприянова Ю.В.[1], Зубов А.И.[2]
[1] Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия; ООО Аналитический центр «ЭКО-Эксперт», Москва, Россия
[2] Горно-Туристический Центр ПАО «Газпром», с. Эстосадок, Сочи, Россия
yuli4k.kupryanowa@yandex.ru

Территория Северо-Западного Кавказа признана одним из центров флористического разнообразия на мировом уровне. Однако в последнее десятилетие природные комплексы этой местности и в частности территория хребта Псехако являются центром активного развития горнолыжных курортов и сопутствующей инфраструктуры. Активное освоение сопровождается ландшафтно-деструктивным, параметрическим и эмиссионным антропогенным воздействием на растительный и почвенный покровы. В связи с этим, становится все более актуальным проведение мониторинга для уязвимых кавказских ландшафтов.

В ходе среднемасштабного детально-маршрутного геоботанического исследования на территории объекта были выявлены следующие закономерности: на вершине и верхних склонах хребта преобладают пихтовые и буково-пихтовые леса, ниже по склонам увеличивается доля бука (*Fagus orientalis* Lipsky) и граба (*Carpinus betulus* L.), на нижних частях склонов преобладают грабовые леса с примесью каштана (*Castanea sativa* Mill.) и бука (*F. orientalis*). В долине р. Лаура в окрестностях п. Эстосадок доминируют каштановые леса с примесью бука (*F. orientalis*), граба (*C. betulus*), ольхи черной (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn). Спорадически встречаются полидоминантные колхидские леса. На участках каменистых россыпей и скал распространены дубовые и дубово-сосновые леса в комплексе с грабинниками у подножия склонов. Периодически встречаются вторичные разнотравные и кустарниково-разнотравные растительные сообщества на обезлесенных участках. Распространена фрагментация склоновых лесов, утрата лесов платообразных поверхностей и днищ долин, активная синантропизация и адвентизация нативной флоры растительного покрова. Меньше половины лесов всей территории все еще выступают эталонными фоновыми участками (41%), остальные находятся на разных стадиях дигрессии. Наблюдается процесс активного развития вторичных сукцессий на участках антропогенных пустошей с доминированием в подросте ольхи черной (*A. glutinosa*), клена Траутфеттера (*Acer trautvetteri* Medw.), а на отметках выше 1300 метров над уровнем моря пихты Нордмана (*Abies nordmanniana* (Steven) Spach).

Monitoring of vegetation cover on the territory of the Mountain Tourist Center of PJSC "Gazprom"

Kypriyanova J.V.[1], Zubov A.I.[2]
[1]Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; PLC Analytical Center "ECO-Expert", Moscow, Russia;
[2]Mountain Tourist Center of PJSC «Gazprom», Estosadok, Sochi, Russia

The territory of the North-Western Caucasus is recognized as one of the centers of floristic diversity at the world level (Smith et al., 2000). However, in the last decade, the natural complexes of this area and the Psekhako Ridge area in particular have been the center of active development of ski resorts and attendant infrastructure. Active development is accompanied by a landscape-destructive, parametric and emission anthropogenic influence on the vegetation and soil cover. In this regard, monitoring is becoming more urgent for vulnerable Caucasian landscapes.

During the medium-scale detailed-route geobotanical study, the following regularities were found on the territory of the site: fir and beech-fir forests prevail on the top and upper slopes of the ridge, the share of beech (*Fagus orientalis* Lipsky) and hornbeam (*Carpinus betulus* L.) increases downward the slopes. On the lower parts of the slopes, hornbeam forests predominate with an admixture of chestnut (*Castanea sativa* Mill.) and beech (*F. orientalis*). In the valley of the river Laura, in the neighborhood of Esto-Sadok, chestnut forests with a mixture of beech (*F. orientalis*), hornbeam (*C. betulus*), alder black (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn) dominate. Polodominant Kolkhida forests occur sporadically. Oak and oak-pine forests in a complex with stony plows at the foot of the slopes are widespread in the areas of stony placers and rocks. Periodically the secondary herbaceous and shrubby-herbaceous plant communities occur in deforested areas. The fragmentation of slope forests, the loss of forests of plateau-like surfaces and valley bottoms, active synanthropization and adventitization of the native flora of vegetation cover are widespread. Less than half of the forests of the whole territory still serve as reference background areas (41%), the rest of the forests being at different stages of digression. There is a process of active development of secondary successions in the areas of anthropogenic wasteland with the dominance of alder black (*A. glutinosa*), maple trautfetter (*Acer trautvetteri* Medw.) in the undergrowth, and of Nordman fir (*Abies nordmanniana* (Steven) Spach) at the elevations over 1300 meters above sea level.

Картирование и учет редких и охраняемых видов на территории ООПТ «Зеленая роща» г. Череповец (Вологодская область)

Маханцева В.А., Румянцева А.В.
Череповецкий государственный университет, Череповец, Россия
vikasja517@gmail.com

ООПТ «Зеленая роща» имеет статус туристско-рекреационной местности регионального уровня и представляет собой естественный лесной массив площадью 3713,5 га, прилегающий к городу. Преобладает закрытый ландшафт древостоев горизонтальной сомкнутости, представленный среднеполнотными средневозрастными хвойными и мягколиственными насаждениями: сосна – 82%, ель – 2%, береза – 15%. На остальные древесные породы приходится 1%. Подлесок и напочвенный покров типичны для южнотаежных лесов. Леса хорошо проходимы, в них легко ориентироваться, поэтому ООПТ является излюбленным местом отдыха горожан. По разным источникам около 30 видов растений занесены в Красную книгу Вологодской области. Для уточнения информации о местообитаниях и состоянии популяций охраняемых растений начато обследование территории и картирование местообитаний с помощью мобильного GPS приложения «NextGIS». В 2016-2017 гг. обследовано около 30 % площади ООПТ.

Подтверждено и закартировано местонахождение 6 видов: *Huperzia selago* (L.) Bernh. ex Schrank et Mart., *Trichophorum alpinum* (L.) Pers., *Geranium robertianum* L., *Pulsatilla patens* (L.) Mill., *Corylus avellana* L., *Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce. Выявлено разрушение местообитания и, как следствие, исчезновение ценопопуляции *Drosera anglica* Huds. Найдены и закартированы ранее не отмеченные для этой территории виды: *Neckera pennata* Hedw., *Homalia trichomanoides* Hedw. Учтено, но пока не закартировано произрастание 12 видов редких растений.

Mapping and accounting of rare and protected species in the protected landscape "Green Grove"

Makhantceva V.A., Rumjantceva A.V.
Cherepovets State University, Cherepovets, Russia

"The Green Grove" has the status of the tourist and recreation area of regional significance; it is a natural forest area of 3713,5 hectares neighboring upon the city. The forest area has horizontal density introduced by middle-stocked coniferous and soft-wooded broadleaved species among which the pine (82%), the spruce (2%) and the birch (15%) prevail. The share of other tree species is 1%. The underbrush and the ground cover are typical for the South taiga woods. The forest is well traversable, it is easy to orientate oneself in it, and therefore, this territory is a favorite recreation area of the citizens. According to different sources, about 30 species of plants are included in the Red Book of the Vologda region. To specify the information on the habitats and condition of the plant populations under protection inspection of the territory and mapping of the habitats has started by means of mobile GPS applied in NextGIS technology. In 2016-2017 about 30% of the area of the territory was under the survey.

The habitat of 6 species is confirmed and mapped: *Huperzia selago* (L.) Bernh. ex Schrank et Mart., *Trichophorum*

alpinum (L.) Pers., *Geranium robertianum* L., *Pulsatilla patens* (L.) Mill., *Corylus avellana* L., *Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce. Destruction of the habitat and, as a result, the extinction of the population of *Drosera anglica* Huds has been revealed. Also some species were found which had not been noted on this territory previously: *Neckera pennata* Hedw., *Homalia trichomanoides* Hedw. 12 species of rare plants have been identified but not mapped yet.

Роль высших растений при оценке общего состояния озера Черкасово Цимлянского водохранилища

Катрич И.О., Нянькина А.А., Понамарчук Т.В., Зубов И.А., Черешнева Л.А.
Средняя школа №3 г. Калача-на-Дону, Волгоградская область, Россия
ekodon@list.ru

Озеро Черкасово Цимлянского водохранилища является естественным нерестилищем донской рыбы. От его состояния во многом зависит прохождение нереста, что является основой причиной постоянного мониторинга данной акватории.

Целью работы является изучение роли высших растений в общем экологическом состоянии озера. Среди поставленных задач важнейшими являются изучение литературных данных предыдущих исследований, проведение исследований на месте и оценка роли макрофитов.

При проведении исследований использовалась методика «Экологии прибрежно-водной растительности».

На Верхнем плесе зафиксировано 59 таксонов высшей водной растительности. При обследовании озера Черкасово установлены доминирующие виды воздушно-водных растений: *Phragmites communis* Trin, *Typha angustifolia* L. и *T. latifolia* L. Это фоновые макрофиты, которые занимают значительные пространства. Вдоль береговой линии значительные формации образуют различные виды *Carex* L.: *C. pseudofoetida* Kuk., *C. acuta* L., *C. vesicaria* L. и другие. Они занимают практически всю береговую линию озера. Их проективное покрытие в местах произрастания достигает 50%. Осокам сопутствуют растения, не образующие больших разрастаний, но встречаются довольно часто. В заводях встречаются небольшие группы и одиночно стоящие растения-гидрофиты: *Sagittaria sagittifolia* L., *Butomus umbellatus* L., *Oenanthe aquatica* L. и другие. Для акватории характерно наличие погружных растений – гидатофитов. Наиболее часто встречаются различные рдесты: *Potamogeton perfoliatus* L., *P. pectinatus* L., *P. filiformis* Pers и другие. Найдены отдельные экземпляры растений с плавающими листьями, местами они образуют небольшие сообщества: *Nymphaea alba* L., *Nuphar lutea* L.

Можно говорить об усиленном распространении макрофитов. Площадь зарастания акватории составляет от 70 до 80 % со значительным выносом в акваторию биогенного вещества. Макрофиты серьезно влияют на процессы илообразования, гидрологический режим и уменьшение зеркала озера, снижая его ценность как нерестилища.

The role of higher plants in evaluation of the general condition of Cherkasovo Lake, the Tsimlyansk water reservation

Katrich I.O., Nyankina A.A., Ponamorchuk T.V., Zubov I.A., Chereschneva L.A.
Secondary school №3 of the Kalach-on-Don city, Volgograd region, Russia

Cherkasovo Lake of the Tsimlyansk water reservation is a natural spawning ground of the Don fish. Spawning depends much on its condition, which is the main reason for the constant monitoring of this water area.

The main purpose of this work is to study the role of higher plants in the general ecological state of the lake. Among the main tasks, the most important are to consider the data of the previous studies provided in literature, to do in situ research, and evaluate the role of macrophytes.

We used the technique of «The Ecology of the coastal-aquatic vegetation». There are 59 taxa of higher aquatic vegetation on the Upper reaches. During the research of Cherkasovo Lake, the following dominant species of the air-water plants were established: *Phragmites communis* Trin, *Typha angustifolia* L. and *T. latifolia* L. These are the main macrophytes which occupy a significant space. Along the coastline, significant formations are made up of different types of *Carex* L.: *C. pseudofoetida* Kuk., *C. acuta* L., *C. vesicaria* L. and others. They occupy almost the entire coastline of the lake. Their projective coverage reaches 50% in the places of growing. The *Carex* is accompanied by plants which do not form large sprouts, but they are quite common. In the creeks there are small groups and singly standing plants-hydrophytes: *Sagittaria sagittifolia* L., *Butomus umbellatus* L., *Oenanthe aquatica* L. and others. The water area is characterized by the presence of the submerged plants – hydatophytes. The most common are various pondy: *Potamogeton perfoliatus* L., *P. pectinatus* L., *P. filiformis* Pers and others. Individual specimens of plants with floating leaves were found which occasionally form small communities: *Nymphaea alba* L., *Nuphar lutea* L.

We can talk about the increased distribution of macrophytes. The acreage of the overgrowth of the water area is from 70 to 80%, with a significant carry-over of nutrients to the water area. Macrophytes seriously affect the processes of mud formation, hydrological regime, and reduce the lake's mirror, lowering its value as spawning grounds.

Биоиндикационная роль фотосинтетических пигментов лишайника *Parmelia sulcata* Taylor в условиях атмосферного загрязнения химически активными формами азота

Пунгин А.В., Парфенова Д.А.
Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград, Россия
apungin@kantiana.ru

В настоящее время во многих областях мира основными загрязняющими поллютантами являются химически активные соединения азота. Осаждения соединений азота (NH_3, NH_4^+, NO_3^-) в высоких концентрациях оказывают отрицательное воздействие на функционирование наземных и водных экосистем, в связи с чем особенно актуальным является усовершенствование методик лихеноиндикации.

Целью данной работы являлось изучение биоиндикационной роли фотосинтетических пигментов в лишайнике *Parmelia sulcata* Taylor в условиях атмосферного загрязнения химически активными формами азота. Для оценки содержания пигментов *P. sulcata* материал был собран в 2016 – 2017 годах в 39 квадратах (1 км × 1 км) в городе Калининграде и на фоновых территориях – в основании Куршской косы и в окрестностях г. Светлогорска. Определение содержания пигментов было проведено в 328 пробах; статистическая обработка данных выполнена в программе IBM SPSS Statistics 23.

В ходе работы было установлено, что на фоновых территориях среднее содержание хлорофилла *a* варьировало от 1,03±0,13 мг/г в окрестностях Светлогорска до 1,55±0,40 мг/г в основании Куршской косы. В городе Калининграде среднее содержание хлорофилла *a* было значительно выше – 3,24±0,78 мг/г, но в то же время в шести квадратах сопоставимо с фоновыми территориями: от 1,81±0,23 до 2,78±0,50 мг/г.

В окрестностях Светлогорска содержание хлорофилла *b* было 0,27±0,05 мг/г, в основании Куршской косы – 0,44±0,11 мг/г. Среднее содержание хлорофилла *b* в городе (0,68±0,12 мг/г) достоверно отличалось от фоновых территорий, несмотря на то, что в 19 квадратах содержание хлорофилла *b* в талломах *P. sulcata* сопоставимо с таковым на фоновых территориях. Как биоиндикатор хлорофилл *b* проявил себя в меньшей степени, что обусловлено его зависимостью от микроклиматических условий.

Таким образом, оценка содержания хлорофиллов лишайника *P. sulcata* дает возможность дифференциации территорий по уровню антропогенной нагрузки, в том числе и в условиях атмосферного загрязнения химически активными формами азота.

Bioindicative role of *Parmelia sulcate* Taylor photosynthetic pigments in conditions of reactive nitrogen atmospheric pollution

Pungin A.V., Parfenova D.A.
Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

Currently, in many areas of the world the main pollutants are chemically active nitrogen compounds. Precipitation of nitrogen compounds (NH_3, $NH4^+$, $NO3^-$) in high concentrations has a negative effect on the functioning of terrestrial and aquatic ecosystems, and therefore the improvement of the methods of lichen identification is especially important.

The aim of this work was to study the bioindicative role of photosynthetic pigments in the lichen *Parmelia sulcata* Taylor in conditions of reactive nitrogen atmospheric pollution. To assess the pigment content of *P. sulcata*, the material was collected in 2016 - 2017 in 39 squares (1 km × 1 km) in Kaliningrad and in the background areas – at the base of the Curonian Spit and in the vicinity of Svetlogorsk. The pigment content was determined in 328 samples; statistical processing of data was performed in the IBM SPSS Statistics 23.

During the work it was found that in the background areas the average chlorophyll *a* content varied from 1,03 ± 0,13 mg/g in the vicinity of Svetlogorsk to 1,55 ± 0,40 mg/g at the base of the Curonian Spit. In Kaliningrad, the average chlorophyll *a* content was significantly higher – 3,24 ± 0,78 mg/g, but at the same time in six squares it is comparable to the background areas: from 1,81 ± 0,23 to 2,78 ± 0, 50 mg/g.

In the vicinity of Svetlogorsk, the chlorophyll *b* content was 0,27 ± 0,05 mg/g, at the base of the Curonian Spit – 0,44 ± 0,11 mg/g. The average chlorophyll *b* content in the city (0,68 ± 0,12 mg/g) was significantly different from the background areas, despite the fact that in 19 squares the chlorophyll *b* content in *P. sulcata* is comparable to that in the background areas. As a bioindicator, chlorophyll *b* showed a lesser degree, which is due to its dependence on microclimatic conditions.

Thus, the assessment of the chlorophyll content of the lichen *P. sulcata* makes it possible to differentiate the territories according to the level of anthropogenic load, including the conditions of reactive nitrogen atmospheric pollution.

Воздействие ионов кадмия и кобальта на растения гороха посевного при моно- и полиметаллическом загрязнении дерново-подзолистой почвы

Пухальский Я.В., Шапошников А.И., Азарова Т.С., Лоскутов С.И., Белимов А.А.
Всероссийский научный институт сельскохозяйственной микробиологии, Пушкин, Санкт-Петербург, Россия
puhalskyyan@gmail.com

В настоящее время, большинство научных исследований в основном сосредоточены на изучении моноэлементного загрязнения почв тяжелыми металлами (ТМ), поскольку многие ТМ вызывают целый ряд

одинаковых (неспецифических) реакций и негативных изменений в метаболизме растений.

Бобовые растения, представляющие особый интерес в технологиях фиторемедиации загрязненных почв за счет их способности к восстановлению почвенной эмерджентности и активизации полезных для растений микробных сукцессий, могут быть взяты за основу создания поведенческой модели при исследовании устойчивости растений к комбинированным стрессам.

В качестве растительного объекта нами была выбрана лабораторная линия гороха посевного (*Pisum sativum* L.) SGE и полученный на её основе мутант SGECdt, характеризующийся повышенной устойчивостью к кадмию и кобальту, однако чувствительный к ртути. ТМ вносили в виде растворов солей в концентрациях: 15 мг $CdCl_2$/кг и/или 60 мг $CoSO_4$/кг. Контролем служили сосуды с растениями без ТМ. При совместном внесении ТМ негативного аддитивного эффекта на рост растений не наблюдалось. Содержание кадмия в побегах повышалось в присутствии токсичной концентрации кобальта со стадии 4-5 настоящих листьев (27 сутки после посева) на 26% у SGE (P=0,01) и на 22% у SGECdt (P=0,027). Напротив, содержание кобальта в соломе снижалось при внесении кадмия в почву на 42% у SGE (P=0,001) и на 36% у SGECdt (P=0,014). Данные результаты с учетом увеличения биомассы сохранились в онтогенезе под конец периода вегетации (77 суток) и составили различия в аккумуляции по Cd на 61% (P=0,001) и на 18% по Co у SGE (P=0,005); и на 47% Cd (P=0,001) и на 31% по Co (P=0,010) у SGECdt. Большая часть ТМ при этом задерживалась корневой системой.

Это указывало на взаимодействие ТМ по типу антагонизма, и возможной конкуренции их друг с другом за ионообменные центры в твердой фазе ризосферы. При этом статистически значимой разницы по содержанию ТМ в водной вытяжке почвенного раствора при полиметаллическом загрязнении между генотипами не обнаружено (P=0,004).

Работа проводилась в рамках гранта РНФ 14-16- 00137.

Effects of cadmium and cobalt ions on *Pisum sativum* plants under mono- and polymetallic contamination of sod-podzolic soil

Puhalsky Y.V., Shaposhnikov A.I., Azarova T.S., Loskutov S.I., Belimov A.A.
All-Russia Research Institute for Agricultural Microbiology, Pushkin, Saint Petersburg, Russia

At the present time, most scientific research is mainly focused on the study of mono-elemental soil contamination with heavy metals (HM), since many HM cause a number of identical (nonspecific) reactions and negative changes in plant metabolism.

Legumes are of particular interest in the technologies of phytoremediation of contaminated soils, due to their ability to restore soil emergence and activation of microbial successions useful for plants. Therefore, they can be taken as a basis for creating a behavioral model in the study of plant resistance to combined stresses.

As a plant object, we selected a laboratory line of pea seed (*Pisum sativum* L.) SGE and a mutant SGECdt derived from it, characterized by increased resistance to cadmium and cobalt, but sensitive to mercury. HM were applied as a solution of salts in concentrations of 15 mg $CdCl_2$/kg and/or 60 mg $CoSO_4$/kg. Controls were vessels with plants without HM. With the simultaneous introduction of HM, a negative additive effect on plant growth was not observed. The cadmium content in the shoots increased in the presence of toxic cobalt concentration from the stage of 4-5 true leaves (27 days after sowing) by 26% in SGE (P=0.01) and 22% in SGECdt (P=0,027). In contrast, the content of cobalt in the straw was reduced when cadmium was introduced into the soil by 42% in SGE (P=0,001) and by 36% in SGECdt (P=0,014). These results, taking into account the increase in biomass, were preserved in ontogeny at the end of the vegetation period (77 days) and accounted for differences in Cd accumulation by 61% (P=0,001) and 18% by Co in SGE (P=0,005); and 47% Cd (P=0,001) and 31% for Co (P=0,010) for SGECdt. Most of the HW were delayed by the root system.

This indicated the interaction of HM by the type of antagonism, and their possible competition with each other for ion-exchange centers in the solid phase of the rhizosphere. There was no statistically significant difference in the content of HM in the aqueous extract of the soil solution for polymetallic contamination between the genotypes (P=0,004).

This work was supported by the Russian Science Foundation (14-16-00137).

Эколого-демографический анализ ценопопуляции спорофитов *Botrychium multifidum* (S.G. Gmel.) Rupr. в Национальном парке «Орловское полесье»

Силаева Ж.Г.[1], Державина Н.М.[2], Абадонова М.Н.[3]
[1]Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парахина, Орел, Россия;
[2]Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, Орел, Россия;
[3]Национальный парк «Орловское полесье», Орловская область, Россия
silaevazhanna@rambler.ru

Основой для разработки мер по охране и прогнозированию перспектив развития популяций редких видов является комплексное изучение биологии и экологии видов в конкретных эколого-ценотических условиях.

Целью работы явилось расширение представлений об эколого-демографических особенностях и динамике ценопопуляции спорофитов редкого на территории Орловской области папоротника *Botrychium multifidum* (S.G. Gmel.) Rupr. – гроздовника многораздельного для прогнозирования перспектив развития и организации мониторинга за их состоянием.

Ценопопуляция изучена в Тургеневском лесничестве НП «Орловское Полесье» в 2014-2016 гг. Экологическая оценка местообитания папоротника проведена на основе геоботанических описаний по традиционным методикам. Исследованы основные демографические параметры ценопопуляции: плотность, онтогенетический спектр, жизненность и способ самоподдержания.

Установлено, что в реальных условиях исследованная популяция приспособлена к узкому диапазону как климатических, так и почвенных факторов. Обобщенный индекс толерантности позволяет заключить, что этот вид гемистенобионтен по отношению к комплексу факторов. Папоротник образует устойчивую дефинитивную, полночленную ценопопуляцию со споровым самоподдержанием. По виталитетной структуре ценопопуляция является равновесной, с доминированием спорофитов как с высоким, так и средним уровнями жизненности. Устойчивое сосуществование с конкурентами возможно благодаря их эко- и фитопатиентности.

На основании проведенного исследования рекомендованы следующие меры охраны вида в НП «Орловское полесье»: в местах произрастания папоротника снизить антропогенный пресс (избегать прокладки экологических троп, создания противопожарных канав, санитарных рубок в летнее время); не допускать смены растительного покрова, проводя сенокошение во второй половине лета; запретить выпас и прогон скота; отказаться от выжигания травы.

Ecologo-demographic analysis of coenopopulation of the sporophyte *Botrychium multifidum* (S.G. Gmel.) Rupr. in the National park «Orlovskoye polesie»

Silaeva Zh.G.[1], Derzhavina N.M.[2], Abadonova M.N.[3]
[1] Orel State Agrarian University named after N.V. Parahin, Orel, Russia;
[2] Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia;
[3] National Park «Orlovskoye Polesye», Orel region, Russia

The basis for the development of measures to protect populations of rare species and predict their prospects is a comprehensive study of the biology and ecology of species in specific environmental and coenotic conditions.

The aim of this work was to extend our knowledge about ecological and demographic characteristics and dynamics of the sporophyte coenopopulation of the fern *Botrychium multifidum* (S.G. Gmel.) Rupr., which is rare in the territory of the Orel region, in order to predict the prospects of its development and of the organization and monitoring of its condition.

The coenopopulation was studied in the NP «Orlovskoye Polesie» in 2014-2016. Ecological assessment of the fern habitat was carried out on the basis of geobotanical descriptions using traditional methods. The main demographic parameters of the coenopopulation were studied: density, ontogenetic spectrum, vitality and the way of self-maintenance.

It is found that in the wild the investigated population is adapted to a narrow range of climatic and soil factors. The generalized index of tolerance allows us to conclude that this species is hemi-stenobiont in relation to the range of factors. This fern forms a stable definitive, full-length coenopopulation with spore self-support and wave-successive type of dynamics. According to its vital structure, the coenopopulation is equilibrium, with the dominance of sporophytes of both the high and the middle levels of vitality. Sustainable coexistence with competitors is possible thanks to their phytopatientness and ecopatientness.

On the basis of the study, the following measures of protection of the species in the NP «Orlovskoye polesie» are recommended in the places where the fern grows: to reduce the anthropogenic pressure (to avoid laying nature trails, making fire ditches, sanitary cuttings in summer); to avoid changing the vegetation cover as a result of hay-mowing in late summer; to prohibit grazing and run of livestock; to prohibit burning of grass.

Динамика численности ценопопуляции эндемика Заволжья *Oxytropis hippolyti* Boriss. на горе Ярыштау в Республике Башкортостан

Тютюнова Н.М., Мулдашев А.А., Елизарьева О.А., Галикеева Г.М., Маслова Н.В.
Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия
tyutyunova.nm@gmail.com

Изучение возрастного состава популяций редких и исчезающих видов растений необходимо для разработки эффективных мер охраны этих видов.

Остролодочник Ипполита *Oxytropis hippolyti* Boriss. (сем. Fabaceae) – заволжский эндемичный вид, включен в Красные книги Российской Федерации (2008) (категория 3а – редкий вид) и Республики Башкортостан (РБ) (2011) (категория 3 – редкий вид). Вид охраняется также еще в 3 субъектах РФ.

Цель работы – изучить возрастной состав ценопопуляции *O. hippolyti* на территории памятника природы «Гора Ярыштау» в Давлекановском р-не РБ (Башкирское Предуралье) в 2015-2017 гг.

В 2015 г. на учетной площади 40 м^2 учтено 39 растений: из них 30 генеративных, 9 вегетативных. Плотность в среднем – 1,0 шт/м^2. В 2016 г. учтено 35 растений: 28 генеративных, 7 вегетативных. Плотность 0,9 шт/м^2. В возрастном спектре отсутствуют проростки, ювенильные и постгенеративные особи. Возрастной спектр в 2015 и 2016 гг. – одновершинный, центрированный. В 2017 г. было учтено 70 растений (увеличение численности особей в 1,7 раза): 43 генеративных, 27 вегетативных. Плотность 1,8 шт/м^2. В возрастном спектре нет старых генеративных и постгенеративных особей. Наблюдается появление проростков, ювенильных, имматурных растений, что связано с длительными обильными осадками в первой половине вегетационного периода. Возрастной спектр

двувершинный (два пика: ювенильные растения – 18,6%, средневозрастные генеративные – 42,8%).

Изучение данной ценопопуляции показало, что она является уязвимой из-за небольшой площади (около 200 м^2), низкой плотности, малой доли прегенеративных растений или их полного отсутствия. За все годы наблюдения популяция нормальная, неполночленная. Низкая доля старых генеративных растений и отсутствие постгенеративных растений говорит о быстром их отмирании в данных эколого-фитоценотических условиях. Здесь необходимо проведение мониторинга и реинтродукционных работ по искусственному поддержанию численности ценопопуляции.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Республики Башкортостан в рамках научного проекта №17-44-020506р_а (2017-2019 гг.).

Dynamics of the coenopopulation of the Trans-Volga endemic *Oxytropis hippolyti* Boriss. on Yaryshtau mountain in the Republic of Bashkortostan

Tyutyunova N.M., Muldashev A.A., Elizaryeva O.A., Galikeeva G.M., Maslova N.V.
Ufa Institute of Biology of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

Research into the ontogenetic structure of populations of rare and endangered plant species is necessary for the development of effective measures for conservation of these species.

Oxytropis hippolyti Boriss. (Fabaceae) is an endemic species, it is included in Red Data Book of the Russian Federetion (2008) (category 3a, rare species) and in Red Data Book of the Republic of Bashkortostan (2011) (category 3, rare species). The species is also protected in 3 other regions of the Russian Federation.

The aim of the research is to study the ontogenetic structure of coenopopulations of *O. hippolyti* on the territory of the nature monument "Yaryshtau Mountain" in the Davlekanovsky District (Bashkir CIS-Urals) in 2015-2017.

In 2015, 39 plants were counted on the accounting area of 40 m^2: 30 generative plants, 9 vegetative ones. The average density is 1,0 pcs/m^2. In 2016, 35 plants were counted: 28 generative plants, 7 vegetative ones. Density is 0,9 pcs/m^2. There are no sprouts, juvenile and post-generative individuals in the ontogenetic spectrum. In 2015 and 2016 the spectrum is single-peaked, centered. In 2017, 70 plants were counted (an increase in the number of individuals by a factor of 1,7): 43 generative plants, 27 vegetative ones. The density is 1,8 pcs/m^2. In the age spectrum there are no old generative and post-generative plants. The appearance of sprouts, juvenile, and immature plants is observed, which is connected with the prolonged heavy rainfall in the first half of the vegetative period. The age spectrum is bicuspid (two peaks: juvenile plants – 18,6%, medium-age generative ones – 42,8%).

The study of this coenopopulation showed that it is vulnerable due to the small area it occupies (about 200 m^2), its low density, and a small proportion of pregenerative plants or their complete absence. During all the years of observation the population is normal, incomplete. The low proportion of old generative plants and the absence of post-generative plants indicate their rapid extinction in these ecological and phytocoenotic conditions. It is necessary to carry on monitoring and reintroduction work to maintain the number of artificial coenopopulations.

The research was performed in 2017–2019 with financial support from the Russian Foundation for Basic Research and the Government of the Republic of Bashkortostan, Project 17-44-020506 p_a.

Фитосанитарная оценка состояния лесных насаждений Республики Карелия

Чалкин А.А., Синкевич О.В.
Карельский филиал Всероссийского центра карантина растений, Петрозаводск, Россия
chalkin10@ya.ru

Экология Республики Карелия очень хрупкий и уязвимый организм. Большие лесные массивы лишь кажутся неприступными и защищенными от различных патогенов. Изменения климата, а так же различные инвазионные процессы открывают дорогу для новых видов организмов, которые могут распространиться на территории Республики Карелия и приграничных территорий, нанося значительный вред, как состоянию растений, так и экономике региона.

Ежегодные обследования территории, проводимые для определения фитосанитарного состояния, позволяют своевременно выявить карантинные и потенциально опасные объекты для хвойных насаждений. Обитающие в Республике жуки-усачи рода *Monochamus* являются переносчиками опасного вредителя Сосновой стволовой нематоды *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner & Buhrer) Nickle, отсутствующего на территории РФ. В испытательной лаборатории ФГБУ «ВНИИКР» из образцов древесины, выращенной на территории РК, и деревянных поддонов импортного происхождения, неоднократно был выявлен близкородственный вид *B. mucronatus* (видовая принадлежность подтверждена ПЦР-анализом).

Микологическое исследование хвои сосны проводились с целью выявления коричневого пятнистого ожога хвои сосны *Mycosphaerella dearnessii* M.E. Bar. Это заболевание вызывается аскомицетным грибом, в настоящее время отсутствует на территории РФ, но постепенно распространился на Европейском континенте. Симптомы заболевания появляются в августе – сентябре в форме желто-коричневых пятен диаметром примерно 3 мм, которые позднее становятся темно-коричневыми в центре с ярким желтовато-оранжевым краем. Пораженная хвоя отмирает.

Идентификация колоний грибов, выросших на питательной среде КГА, показали их принадлежность к 24

родам, из которых наиболее часто встречались представители родов: *Rhyzophaera, Alternaria, Fusarium, Hormiscium, Cladosporium, Heterosporium.*

Анализ полученных результатов, позволяет оценить масштабы поражений, а также разработать рекомендации по снижению рисков распространения и заражения карантинными объектами.

Phytosanitary assessment of the state of forest plantations in the Republic of Karelia

Chalkin A.A., Sinkevich O.V.
Karelian Branch of All-Russian Plant Quarantine Center, Petrozavodsk, Russia

Ecology of the Republic of Karelia is a very fragile and vulnerable organism. The vast forest tracts only seem unassailable and protected from various pathogens. Climate change, as well as various invasive processes, open the way for new species of organisms that can spread in the territory of the Republic of Karelia and the border areas, causing significant damage to both the state of plants and the economy of the region.

Annual surveys of the territory, conducted to determine the phytosanitary condition, allow timely detection of quarantine and potentially dangerous objects for the coniferous plantations. The *Monochamus* beetles that live in the Republic are carriers of a dangerous pest of the *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner & Buhrer) Nickle pine stem nematode, which is absent in the territory of the Russian Federation. A closely related species of *B. mucronatus* was repeatedly identified in the testing laboratory of the VNIIKR FGBU from the samples of wood grown in the territory of Kazakhstan and wooden pallets of imported origin (the species identity was confirmed by PCR analysis).

Mycological examination of pine needles was conducted with the aim of revealing a brown spotted burn of the pine needles of *Mycosphaerella dearnessii* M.E. Bar. This disease is caused by an ascomycete fungus, currently absent in the territory of the Russian Federation, but gradually spreading in the European continent. Symptoms of the disease appear in August-September in the form of yellow-brown spots about 3 mm in diameter, which later become dark brown in the center with a bright yellowish-orange edge. Affected needles die.

Identification of the colonies of fungi grown on the nutritive environment of the KCA showed their belonging to 24 genera, of which the most common were representatives of the genera: *Rhyzophaera*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Hormiscium*, *Cladosporium*, *Heterosporium*, *Leptostroma*.

The analysis of the obtained results allows us to assess the scale of lesion, as well as to develop recommendations for reducing the risks of spreading of quarantine objects and infection.

ИНТРОДУКЦИЯ РАСТЕНИЙ

Определение стратегии развития оранжерейных коллекций ботанических садов

Арнаутова Е.М.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
arnaoutova@mail.ru

Ботанические сады – центры интродукционного введения в первичную культуру новых видов растений. Основным вопросом для каждого ботанического сада становится разработка стратегии управления развитием и формированием коллекционных фондов. Стратегия тесно связана с такими важными характеристиками как интродукционные возможности Сада, интродукционная емкость и интродукционная направленность ботанического сада. К задачам ботанических садов относятся:

а) разработка научных основ и методов сохранения и охраны генофонда растений природной и культурной флоры, интродукции и акклиматизации растений;

б) создание и сохранение в искусственных условиях коллекций живых растений (особенно редких и исчезающих видов) и других ботанических объектов, имеющих большое научное, учебное, хозяйственное и культурное значение;

в) проведение учебно-педагогической и научно-просветительской работы в области ботаники и охраны природы, экологии, декоративного садоводства и ландшафтной архитектуры.

Помимо прочего каждый сад несет персональную идею – есть сады учебные, сады академические и сады полностью открытые для публики. В соответствии с этими задачами должна определяться стратегия развития коллекций.

Ботанический сад Петра Великого БИН им. В.Л. Комарова – один из старейших в России, в 2014 году он отпраздновал трехсотлетие со дня основания. Уникальный оранжерейный комплекс, созданный в 19 веке, сохранился в основе до наших дней и занимает площадь более 1 га. Оранжерейные коллекции составляют более 12,5 тысяч таксонов (видов, разновидностей и культиваров). Ежегодно оранжереи Сада посещают более 300 000 экскурсантов, не только петербуржцы, но и многочисленные гости нашего города. Сад, как учебную базу, используют естественные и художественные ВУЗы города. Все эти факторы и определяют стратегию развития Сада.

Determination of the development strategy of botanical gardens greenhouse collections

Arnautova E.M.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

Botanical gardens are the centers of introduction into the primary culture of new plant species. The main problem for each botanical garden is the design of a strategy for managing development and formation of collection funds. The strategy is closely related to such important characteristics as the introductory capabilities of the Garden, the introductory capacity and the introductory orientation of the botanical garden. Goals of botanical gardens include:

a) development of scientific bases and methods of conservation and protection of the genepool of natural and cultural flora plants, introduction and acclimatization of plants;

b) creation and preservation in artificial conditions of living plants collections (especially rare and endangered species) and other botanical objects that have great scientific, educational, economic and cultural significance;

c) conducting educational and pedagogical and scientific-educational work in the field of botany and nature protection, ecology, decorative gardening and landscape architecture.

In addition, each garden carries a personal idea – gardens can be educational, academic and public. In accordance with these tasks the strategy for the collections development should be determined.

Peter the Great Botanical Garden is one of the oldest in Russia, in 2014 it celebrated the tercentenary of its founding. The unique greenhouse complex created in the 19th century has been preserved to the present day and covers an area of more than 1 hectare. Greenhouse collections include more than 12.5 thousand taxa (species, varieties and cultivars). Annually more than 300,000 tourists visit the garden greenhouses, not only from St. Petersburg but also its numerous guests. The garden is used as a training base by the city natural science and artistic universities. All these factors determine the development strategy of the Garden.

Физиологические аспекты морозостойкости зимневегетирующих древесных растений в условиях Южного берега Крыма (ЮБК)

Губанова Т.Б., Браилко В.А.
Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, Ялта, Россия
gubanova-65@list.ru

Успешность интродукции во многом зависит от оценки адаптивных возможностей вида, в связи с чем проблема определения степени устойчивости к неблагоприятным факторам среды приобретает особую актуальность как в теоретическом, так и в практическом аспектах. В современной физиологии растений большое внимание

уделяется изучению отдельных звеньев развития адаптационного синдрома при наростающем действии стрессора в основном на модельных объектах, которыми являются травянистые виды. Касательно древесных растений, особенно интродуцированных в более суровые климатические условия, имеющаяся информация во многом противоречива. Эти противоречия, вероятно, связаны с формализованным подходом к интерпретации результатов как лабораторных, так и полевых исследований. Цель наших исследований заключалась в определении потенциальной и реальной морозостойкости некоторых зимневегетирующих видов древесных растений при их интродукции на ЮБК. Объектами исследований зимневегетирующие виды различного происхождения: семейство Caprifoliaceae Juss. род *Lonicera - Lonicera fragrantissima* Lindi. et Paxt., *L. japonica* Thunb., *L. pileata* Oliv., *L. nitida* Wils., род *Abelia - Abelia ×grandiflora* (Rovelli ex Andre) Rehde); семейство Berberidaceae - род *Berberis: B. Juliana* S., *B. pruinosa* Franch., *B. veitchii* S., *B. soulieana* S., *B. coxii* Schneid., *B. buxifolia* Lam., *B. darwinii* Hook; семейство Oleaceae - род *Jasminum - J. officinalis, J. nudiflorum, J. beesianum* Porrest et Dieles, сорта *O. europaea* L. и *O. europaea subsp. cuspidata* (Wall ex G. Don) Cif., род *Ligustrum – L. compactum* Brandis., *L. delavyanum* Hariot., *L. lucidum* Ait. f. Выявлено, что реализация потенциальной морозостойкости в условиях ЮБК, часто связана с видовыми и родовыми особенностями. Так, у представителей *Berberis* и *Ligustrum* наиболее отзывчивы к действию отрицательных температур листья более поздних сроков развития (более оводненные), в то время как у генотипов рода *Olea* менее морозостойкими, оказались листья ранних сроков развития (менее оводненные). Отрицательное влияние на низкотемпературную устойчивость у представителей рода *Olea* оказывает водный дефицит тканей. У видов родов *Ligustrum, Berberis* и *Lonicera*, высокая оводненность способствует снижению морозостойкости. Вероятно, в данном случае существенное значение имеет как способность тканей к гидратации, так и скорость связывания вновь поступившей воды. Значительная роль в реализации механизмов морозостойкости зимневегетирующих древесных интродуцентов принадлежит вариабельности сроков развития и способности к закаливанию. Отмечено, что наличие условий необходимых для прохождения первой и второй стадий закаливания важно для сохранения высокой морозостойкости у видов *Ligustrum, Berberis* и *Lonicera*. У представителей рода *Olea*, длительное действие температуры -2^{0}C …-4^{0}C, способствует развитию морозных повреждений. Установлено, что в условиях ЮБК негативное влияние на реализацию потенциальной морозостойкости оказывает адвективное выхолаживание. Для видов с относительно низкой устойчивостью определенно опасной является безветренная морозная погода с высокой влажностью воздуха. Анализ многолетних исследований зимостойкости зимневегетирующих древесных видов в условиях ЮБК показал, что успешная реализация адаптивных механизмов носит видо- и родоспецифичный характер, и зависит от особенностей водного режима, вариабельности ростовых процессов, а также от погодных условий конкретного холодного периода (температура и влажность воздуха, скорость ветра).

Physiological aspects of frost resistance in winter-growing woody plants under the conditions of the Southern Coast of Crimea

Gubanova T.B., Brailko V.A.
The Labor Red Banner Order Nikita Botanical Gardens – National Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Yalta, Russia

The success of plant introduction greatly depends on the assessment of species adaptive capacities thus the problem of determining plant resistance degree to unfavorable environmental factors becomes particularly topical both in theoretical and practical aspects. In modern plant physiology much attention has been paid to the studies of separate stages of adaptive syndrome development under the pressure of stress factors, mainly on model objects, which are herbaceous species. However, the available information about woody plants, especially introduced into more severe climatic conditions, is mostly conflicting. Those conflicts are probably caused by a formalized approach to the results interpretation of both laboratory and field researches. The aim of our investigations was to determine potential and real frost resistance in some winter-growing species of woody plants introduced to the Southern Coast of Crimea. The objects of our research were winter-growing species of various origin: the family Caprifoliaceae Juss. genus *Lonicera - Lonicera fragrantissima* Lindi. et Paxt., *L. japonica* Thunb., *L. pileata* Oliv., *L. nitida* Wils., genus *Abelia - Abelia × grandiflora* (Rovelli ex Andre) Rehde); family Berberidaceae - genus *Berberis*: *B. Juliana* S., *B. pruinosa* Franch., *B. veitchii* S., *B. soulieana* S., *B. coxii* Schneid., *B. buxifolia* Lam., *B. darwinii* Hook; family Oleaceae - genus *Jasminum - J. officinalis, J. nudiflorum, J. beesianum* Porrest et Dieles, *O. europaea* L. cultivars and *O. europaea subsp. cuspidata* (Wall ex G. Don) Cif., genus *Ligustrum - L. compactum* Brandis., *L. delavyanum* Hariot., *L. lucidum* Ait. f. It was revealed that realization of potential frost resistance under the conditions of the Southern Coast of Crimea was often associated with specific species and genus features. Thus, in *Berberis* and *Ligustrum* species older leaves (more hydrated) were the most responsive to the effect of negative temperatures, while in the plants of *Olea* genus younger leaves (less hydrated) demonstrated lower frost-resistance. Negative effect on low-temperature stability in the representatives of *Olea* genus was caused by water deficit in tissues. In *Ligustrum*, *Berberis* and *Lonicera* species, high water content promoted frost resistance decrease. Probably, in this case, both the ability of tissues for hydration and the rate of newly supplied water binding are of great importance. Variability of plant development terms as well as their ability to hardening were significant for realization of frost resistance mechanisms in winter-growing woody plants introduced to the new conditions. It was noted that weather conditions necessary for the first and second stages of hardening were important for maintaining high frost resistance in the species *Ligustrum*, *Berberis* and *Lonicera*. In *Olea* species and cultivars, a prolonged effect of the temperature -2°C ... -4°C promoted the development of frost damages. It was found out that under the conditions of the Southern Coast of Crimea advection cooling had negative effect on potential frost resistance realization. Windless frosty weather with high air humidity was a certain danger for species with relatively low stability. Analysis of long-term studies of winter hardiness in winter-growing woody species under the conditions of the Southern Coast of Crimea demonstrated that

successful realization of adaptive mechanisms was species-specific and genus-specific, and depended on water regime characteristics, the variability of growth processes as well as on weather conditions of a particular cold period (temperature and humidity, wind speed).

Некоторые аспекты семенной репродукции *Calophaca wolgarica* (L. fil.) DC. в Ростовской области

Бакулин С.Д.
Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия
insectos@yandex.ru

Цель работы – изучение особенностей семенного размножения *Calophaca wolgarica* как редкого реликтового вида, занесённого в Красные книги РФ и Ростовской области.

Исследовался семенной материал из двух природных ценопопуляций Ростовской области (ст. Кагальницкая, ст. Морская) и из коллекций Ботанического сада ЮФУ (г. Ростов-на-Дону). Были определены морфометрические показатели семян, показатели семенной продуктивности в расчёте на плод и на растение, выявлена лабораторная всхожесть семян в различных вариантах предпосевной обработки.

Полученные данные демонстрируют относительно невысокие показатели семенной продуктивности *C. wolgarica*. Так, процент плодообразования варьировал от 33.27±2.72% до 60.46±5.57%. Число развитых семян на плод колебалось в незначительных пределах: 1.08±0.02% – 2.08±0.06%. Близкие величины известны из литературы для природных ЦП Волгоградской области и Ставропольского края. Среднее число семязачатков на плод достигало 11.83±0.24%, что даёт размах процента семенификации по годам и пунктам сбора от 10.29±0.26% до 16.61±0.45%. Фактическая семенная продуктивность на растение в 2014–15 гг. изменялась от 93 до 1946 семян на растение, что также согласуется с данными, полученными И.В. Шиловой с соавт.

Всхожесть семян в разных вариантах ППО варьировала от 30% (контроль) до 91% (обработка H_2SO_4), что закономерно связано с уровнем инфицирования семян (от 9% в H_2SO_4 до 61% в контроле). Полное снятие твердосемянности было достигнуто во всех вариантах опыта, за исключением контроля и обработки этанолом.

Результаты сравнительного анализа свидетельствуют о том, что величины семенной продуктивности *C. wolgarica* обусловлены преимущественно эндогенными причинами. Слабое семенное возобновление может быть одной из естественных причин, обусловливающих угрожаемое состояние вида.

Seed reproduction aspects of *Calophaca wolgarica* (L. fil.) DC. in Rostov region

Bakulin S.D.
Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

The purpose of this work is to study the peculiarities of seed reproduction of *Calophaca wolgarica* as a rare relic species listed in the Red Data Books of the Russian Federation and the Rostov Region.

The seed material from two natural cenopopulations of the Rostov region (Kagalnitskaya stanitsa, Morskaya stanitsa) and from the collections of the Botanical Garden of SFedU (Rostov-on-Don) was investigated. Morphometric characteristics of seeds, characteristics of seed productivity per fruit and plant were identified, laboratory germination of seeds in different variants of presowing treatment was determined.

The data obtained show relatively low indicators of the seed productivity of *C. wolgarica*. E.g., the percentage of fruit formation varied from 33.27±2.72% to 60.46±5.57%. The number of developed seeds per fruit ranged in insignificant limits: 1.08±0,02%-2.08±0.06%. Similar values are known from the literature for the natural CP of the Volgograd Region and the Stavropol Region. The average number of ovules per fruit reached 11.83±0.24%, and the range of the percentage of semenification by years and collection points from 10.29±0.26% to 16.61±0.45%. Actual seed productivity per plant in 2014–15 varied from 93 to 1946 seeds per plant which also agrees with the data obtained by I.V. Shilova *et al*.

Seed germination in different types of presowing treatment ranged from 30% (control) to 91% (H_2SO_4 treatment) which is obviously associated with the level of seeds infection (from 9% in H_2SO_4 to 61% in control). The complete overcoming of seed hardness was achieved in all variants of the experiment except for control and treatment with ethanol.

The results of the comparative analysis indicate that the values of *C. wolgarica* seed productivity are due mainly to endogenous factors. Poor seed renewal may be one of the natural causes of the threatened species status.

Территориальный анализ проектных решений Сургутского ботанического сада с использованием ГИС-технологий

Богданова Д.В.
Сургутский государственный университет, Сургут, Россия
danhik-81093@yandex.ru

ГИС позволяет анализировать и интегрировать пространственные данные из разных источников. Особенно это актуально при территориальном проектировании и принятии управленческих решений. Примером может служить Сургутский ботанический сад (СБС), запроектированный под руководством профессора Ю.В. Титова

2000–2001 гг., в северо-восточной части общегородского парка «За Саймой» на площади 15.45 га. На сегодняшний день СБС является самым северным в Западной Сибири. По генеральному плану в СБС запроектированы: административно-выставочная зона (1.6 га), зоны опытного участка (1.4 га), дендросада (2.8 га), парковая (6.35 га), сибирской флоры (1.8 га).

За последние 17 лет были проведены научные исследования с картографическим отображением. В 2001 г. А.И. Шепелевым составлена почвенная карта (шесть типов почв и их дигрессивных вариации), Л.Ф. Шепелевой – карта исходного растительного покрова (12 типов сообществ), Ю.В. Титовым и Г.М. Кукуричкиным проведена подеревная съемка (отмечено 2231 экз. хвойных деревьев), данные внесены в ГИС MapInfo (В.Н. Тюрин). В последнее время выполнены инженерно-геологические изыскания, составлена карта актуального растительного покрова (Г.М. Кукуричкин, М.А. Маевская), регулярно картографически фиксируются места посадки коллекционных растений. В настоящее время планируется интеграция всех данных в ГИС.

В 2017 г. было принято решение о необходимости поэтапного освоения территории СБС. На ближайшее время запланированы работы по обустройству «зоны интродукции» площадью 1.9 га. В ГИС MapInfo с использованием космоснимков создан эскизный план, по которому в настоящее время в СБС ведется работа по подготовке нескольких постоянных экспозиций: «Живая Красная Книга» (0.02 га), «Сад Мхов» (0.003 га), «Кедросад» (0.026 га), «Аптекарский Огород» (0.08 га), «Сад Постоянного Цветения» (0.1 га).

Автор выражает благодарность Г.М. Кукуричкину и В.Н. Тюрину за помощь в написании работы.

Territorial analysis of project solutions of the Surgut botanical garden using GIS technologies

Bogdanova D.V.
Surgut State University, Surgut, Russia

GIS enables to analyze and integrate spatial data from different sources. This is especially relevant in case of territorial design and making managerial decisions. An example is the Surgut Botanical Garden (SBG) designed under the direction of Professor Yu.V. Titov in 2000–2001, in the north-eastern part of the city park "Za Saymoy" on the area of 15.45 hectares. As of today SBG is the most northern park in Western Siberia. According to the general plan several zones were designed in SBG: administrative exhibition zone (1.6 ha), zone of experimental plot (1.4 ha), dendrological garden (2.8 ha), parkland (6.35 ha), Siberian flora (1.8 ha).

Over the past 17 years the studies with cartographic imaging have been carried out. In 2001 A.I. Shepelev made a soil map (six soil types and their digressive variations), L.F. Shepeleva - a map of the original vegetation cover (12 types of communities), Yu.V. Titov and G.M. Kukurichkin compiled the trees map (2231 specimens of coniferous species were noted), the data has been downloaded to GIS MapInfo (V.N. Tyurin). Recently, engineering and geological surveys have been completed, a map of the actual vegetative cover was compiled (G.M. Kukurichkin, M.A. Maevskaya), the collector planting sites are regularly recorded cartographically. Currently integration of all data into GIS is planned.

In 2017 it was decided to develop SBG phase-by-phase. For the near future, development works of the "introduction zone" with the area of 1.9 ha are planned. In GIS MapInfo a sketch plan was created using a satellite imagery according to which the work is being held in SGB on the preparation of several permanent expositions: "The Living Red Data Book" (0.02 ha), "Garden of Mosses" (0.003 ha), "Cedar Garden" (0.026 ha), "Apothecary Garden" (0.08 ha), "Garden of Permanent Flowering" (0.1 ha).

The author expresses her gratitude to G.M. Kukurichkin and V.N. Tyurin for their help with the work writing.

Интродукция видов рода *Lonicera* L. на Северо-Западе европейской части России

Бялт А.В.
Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия
albyalt92@mail.ru

Согласно нашим данным, на территории Северо-Запада России произрастает 5 аборигенных и 70 интродуцированных в открытом грунте видов жимолости. В среднем, в каждом из парков выращивается 2-3 вида жимолости, максимальное число видов выявлено в ботаническом саду БИН РАН – 48 видов, дендрарии СПбГЛТУ – 38 видов (в т.ч. 2 гибрида), парке Серебрянка – 6 видов (наши данные) и на Елагином острове – 6 видов, в парке Сосновка – 4 вида. На территории НОС "Отрадное" (БИН РАН, Ленинградская область) выявлено 12 видов. Некоторые виды натурализовались в окрестностях Санкт-Петербурга (*L. nigra* L. и *L. involucrata* (Richardson) Banks ex Spreng. – в Курортном районе Ленинградской области. Наше исследование показало, что разнообразие культивируемых в Санкт-Петербурге видов не исчерпывается 13 таксонами. При этом *L. tatarica* L. (и ее формы – var. *alba*, var. *rubra*, var. *grandiflora* и др.) и *L. caerulea* L. s.l. выявлены практически во всех парках и скверах. *L. tatarica* выявлена также в г. Новгород. Другие виды встречаются реже – *L. alpigena* L. (парк Серебка, Ланской садик и Парк Победы), *L. karelinii* Bunge – Ланской парк и окр. пос. Комарово, *L. caprifolium* L. – на ограде церкви Святых Апостолов Петра и Павла на Пискаревском проспекте, и в ПКиО им. Бабушкина, редки *L. sachalinensis* E.L. Wolf и *L. chamissoi* Bunge.

Introduction of *Lonicera* L. species in the North-West of the European part of Russia

Byalt A.V.
Saint-Petersburg State Forest Technical University, Saint Petersburg, Russia

According to our data, in the territory of the North-West Russia there are 5 native and 70 introduced in the open ground honeysuckle species. On average, about 2-3 species of honeysuckle are grown in each of the parks, the maximum number of species is found in the Botanical garden of the BIN RAS – 48 species, in the St. Petersburg State Forest Technical University dendrarium – 38 species (incl. 2 hybrids), in the Serebryanka Park – 6 species (our data) and on Yelagin Island – 6 species, in the Sosnovka Park – 4 species. In the territory of the experimental station "Otradnoye" (BIN RAS, Leningrad region) 12 species were identified. Some species were naturalized in the vicinity of St. Petersburg (*L. nigra* L. and *L. involucrata* (Richardson) Banks ex Spreng.- in the Kurortny District of the Leningrad Region. Our investigation has shown that the diversity of cultivated species in St. Petersburg is not limited to 13 taxa, while *L. tatarica* L. (and its forms - var. *alba*, var. *rubra*, var. *grandiflora*, etc.) and *L. caerulea* L. s.l. were found in almost all parks and mini-parks. *L. tatarica* was also found in Novgorod. Other species are less common – *L. alpigena* L. (Park Serebryanka, Lanskoy Park and Park Pobedy), *L. karelinii* Bunge – Lanskoy Park and the surroundings of Komarovo village, *L. caprifolium* L. – on the fence of the Church of the Holy Apostles Peter and Paul on Piskarevsky Prospekt, and in the Babushkin Central Park; *L. sachalinensis* E.L. Wolf and *L. chamissoi* Bunge are rare.

Оценка интродукционной устойчивости редкого вида *Oxytropis kungurensis* Knjasev (Fabaceae) (Республика Башкортостан)

Галикеева Г.М., Маслова Н.В.
Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия
gulnaz.gm@mail.ru

Интродукция редких и нуждающихся в охране видов растений в ботанические сады и интродукционные центры является одним из действенных способов их сохранения и дает возможность изучения их эколого-биологических особенностей.

Объект изучения – эндемик Южного Урала и Среднего Предуралья остролодочник кунгурский *Oxytropis kungurensis* Knjasev (Fabaceae), занесен в «Красную книгу Республики Башкортостан» (категория 2 – вид, сокращающийся в численности). Этот вид изучается в интродукционном питомнике редких видов растений (в монокультуре) с 1997 г. (территория Ботанического сада, г. Уфа). В коллекции 5 образцов. Приводим данные по изучению в интродукции образца с горы Бузхангай в Учалинском р-не РБ (популяция на грани исчезновения), растения выращены из семян репродукции интродукционного питомника, размножали с помощью рассады. В работе использованы традиционные методы изучения редких видов растений при интродукции, оценка перспективности интродукции вида проведена по интегральной шкале, разработанной в ГБС РАН.

O. kungurensis – длительно вегетирующее растение, весеннее-летнецветущее (V-VI). Семена образуются ежегодно, созревают в VI-VII (всхожесть до 86 %, приживаемость рассады до 95.8 %). Темп онтогенеза ускоренный, по продолжительности краткий (2-5 лет), зацветает на 2-5 год развития. Высота растений в среднем 32 см (фаза плодоношения). Коэффициент продуктивности семян в среднем 6–15 %, в природе – 0.5–1.3 % (2015–2016 гг.). Зимостойкое. Болезнями и вредителями не повреждается.

По системе комплексной оценки успешности интродукции *O. kungurensis* относят к перспективным растениям (как при выращивании из семян репродукции питомника, так и при мобилизации из природы), что свидетельствует о возможности его сохранения в культуре и получения семян для реинтродукционных работ (восстановление численности критических популяций и создание искусственных).

Assessment of the introduction stability of rare species *Oxytropis kungurensis* Knjasev (Fabaceae) (the Republic of Bashkortostan)

Galikeeva G.M., Maslova N.V.
Ufa Institute of biology of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

Introduction of rare and endangered plant species into botanical gardens and introduction centers is one of the effective ways of their conservation and enables to study their ecological and biological characteristics.

The object of the study is the endemic of the South Urals and the Middle Cis-Urals *Oxytropis kungurensis* Knjasev (Fabaceae). The species is included in the Red Data Book of the Republic of Bashkortostan (category 2 – decreasing number). This species has been studied in the introduction nursery for rare plant species (in monoculture) since 1997 (the territory of the Botanical Garden, Ufa). There are 5 samples of this species in the collection. In this article we present the data of study of the sample from mount Buzkhangai in Uchalinsky district in the Republic of Bashkortostan (population is on the edge of extinction), the plants were grown from seeds of reproduction of the introduction nursery and were propagated using the seedling technique. Conventional research methods for rare species during introduction were applied in the work. The assessment of the introduction success is performed using the integrated scale developed in the Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences.

O. kungurensis is a long–term vegetative plant, spring-summer-flowering (V-VI). Seeds are formed annually,

mature in VI-VII (germination capacity up to 86%, adaptability of seedlings up to 95.8%). The rate of ontogenesis is accelerated, its duration is short (2-5 years), the flowering stage begins on 2nd-5th year of the development. The plant height is 32 cm in the average. The seed productivity coefficient is in the average 6–15% as compared to natural habitats – 0.5–1.3% (2015–2016). The plants are winter-hardy and are not damaged by diseases and pests.

According to the integrated evaluation scale of introduction effectiveness *O. kungurensis* is considered as promising (both in growing from seeds of nursery reproduction and mobilization from natural habitats) thus making it possible to preserve this species *ex situ* and obtain seeds for reintroduction (restoration of the number of critical populations and creation of artificial ones).

Семенная репродукция видов рода *Hyssopus* L. в Ботаническом саду Южного федерального университета

Галушко З.А.
Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия
galushko.zoya@gmail.com

К роду *Hyssopus* L. относятся лекарственные, эфирномасличные, медоносные, декоративные растения. В Ботаническом саду ЮФУ интродуцированы *H. officinalis* L., *H. angustifolius* Bieb. и *H. cretaceus* Dubjan. Целью наблюдений, проведённых в 2016-2017 гг., являлось изучение некоторых аспектов биологии семенного размножения данных видов.

Семенная продуктивность (СП) на растение у *H. angustifolius* в 2016 г. составила: ПСП – 377 940 семязачатков и РСП – 86 926 семян; в 2017 г. 182 152 и 25 665, соответственно. Различие обусловлено меньшим количеством генеративных побегов на растение в 2017 г. Для *H. cretaceus* в 2017 г. ПСП составила 78 303 семязачатка, РСП – 9788 семян. По сравнению с *H. angustifolius* наблюдается меньшее количество генеративных побегов, а также меньшее количество цветков и плодов.

Для определения наличия и типа органического покоя были проведены опыты по проращиванию семян различных лет урожая. Для семян *H. officinalis* 2016 года сбора наибольшая всхожесть (65.9 ± 5.2%) получена при одномесячной холодной стратификации, для семян 2014 г. (2,5 года сухого хранения) – в контроле (71.0 ± 8.2 %). На основании этого можно предположить наличие неглубокого типа физиологического покоя у *H. officinalis*. У семян *H. angustifolius* 2016 г. и 2015 г. (1,5 года хранения) наибольшая всхожесть наблюдалась в контроле – 99.0 ± 1.0 % и 81.0 ± 4.3 % соответственно. Вместе с быстрым дружным прорастанием это позволяет предположить отсутствие органического покоя. Для семян *H. cretaceus* наибольшая всхожесть получена при одномесячной холодной стратификации: 58.3 ± 6.4 % у семян 2016 г. и 34.0 ± 6.5 % у семян 2015 г. (1.5 года сухого хранения). Сухое хранение не снимает органический покой данных семян, поэтому для *H. cretaceus* вероятно наличие промежуточного типа физиологического покоя.

Биология семян изучаемых видов иссопа не создаёт затруднений при репродукции вида в условиях культуры. Наилучшими показателями семенной продуктивности и лабораторной всхожести обладает *H. angustifolius*.

Seed reproduction of *Hyssopus* L. species cultivated in Botanical Garden of the Southern Federal University

Galushko Z.A.
Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

Genus *Hyssopus* L. comprises medicinal, aromatic, melliferous, and ornamental plants. *H. officinalis* L., *H. angustifolius* Bieb., and *H. cretaceus* Dubjan. are introduced in Botanical Garden of the Southern Federal University. The goal of the experiments conducted in 2016-2017 was to study some aspects of seed reproduction biology of these species.

In 2016 the actual number of seeds produced by an individual plant of *H. angustifolius* totaled 86,926, the potential production of seeds per plant totaled 377,940; in 2017 they were 25,665 and 182,152 respectively. The difference is conditioned by fewer number of generative shoots per plant in 2017. In 2017 the actual number of seeds produced by an individual plant of *H. cretaceus* totaled 9,788, the potential production of seeds per plant totaled 78,303. As compared with *H. angustifolius* fewer generative shoots, flowers, and fruits are observed for *H. cretaceus*.

Experiments with seed germination were conducted to determine endogenous seed dormancy. For each species seeds of two different years were germinated after one-month or three-month cold stratification, as well as without pretreatment. For *H. officinalis* seeds of 2016 the highest germination was obtained after cold stratification for one month (65.9 ± 5.2 %), for seeds of 2014 after dry storage for 2.5 years (71.0 ± 8.2 %). Thus *H. officinalis* seeds have non-deep physiological dormancy. For *H. angustifolius* seeds of 2016 and 2015 (after dry storage for 1.5 years) the highest germination was obtained (99.0 ± 1.0%) and (81.0 ± 4.3 %) respectively. Considering high germination rate this proves absence of physiological seed dormancy for *H. angustifolius*. For *H. cretaceus* seeds the highest germination was obtained after cold stratification for one month in both 2016 and 2015: 58.3 ± 6.4 % and 34.0 ± 6.5 % (after dry storage for 1.5 years), respectively. For these seeds dry storage didn't increase germination therefore *H. cretaceus* seeds have presumptive intermediate physiological dormancy.

Seed biology of these *Hyssopus* species allows their reproduction *ex situ*. *H. angustifolius* shows the best indicators of seed productivity and laboratory germination.

Изучение влияния различных почв и наносеры на морфологическую структуру редкого вида *Anthemis trotzkiana* Claus ex. Bunge в тепличных условиях

Галымжанов И.С., Избастина К.С., Курманбаева М.С., Бодыкова И.Н.
Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан
islam.galymzhanov@gmail.com

В настоящее время многие кальцефильные растения меловых почв Западного Казахстана находятся под угрозой. Основными причинами являются ограниченность их ареала, разработка мела и активный выпас скота. Сохранение их биоразнообразия и интродукция остаются актуальными проблемами.

Anthemis trotzkiana (*Asteraceae*) – редкий травянистый полукустарник, облигатный кальцефит. Встречаются как единичные, так и множественные экземпляры. Занесен в Красные Книги Казахстана и РФ.

В целях дальнейшей интродукции исследование проводили в теплице на территории технопарка КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы. Были использованы семена 3 разных популяций Актюбинской области. Обследовали с момента посадки – октябрь 2017 г. по февраль 2018г.

Интродукция производилась на 4 вида почв: природная меловая (контроль); почва территории КазНУ; готовый гумус; кокосовые стружки.

5 вариантов различных форм полива: контрольный; раствор наносеры (полисульфид кальция) 0.2% и 0.5%; раствор сухого осадка (образовавшегося при синтезе наносеры) 0.2% и 0.5%.

Результаты исследования показали, что, меловые почвы имеют наибольшую всхожесть (50–70%), морфологические признаки средняя (к концу наблюдений 4-40 мм, 20,1 мм в среднем). Всхожесть на других почвах оказалась намного меньше (0-30%). Среди этих почв выделились кокосовые стружки (0–30%, 12% ср.) и КазНУ (0–30%, 11.3% ср.). Несмотря на низкую всхожесть растений, проросших в гумусе (6% ср.), они имеют рост выше, чем на других не меловых почвах (20–40 мм, 26 мм ср.). Кокосовая стружка показала благоприятное влияние на рост (8–32 мм, 19 мм ср.), КазНУ ниже (16 мм ср.). Во всех вариантах наибольшее влияние на интенсивность роста оказал 0.2% раствор наносеры.

Study of the effect of nanosulfur and various soils on the morphological structure of rare species *Anthemis trotzkiana* Claus ex. Bunge in greenhouse

Galymzhanov I.S., Izbastina K.S., Kurmanbaeva M.S., Bodykova I.N.
Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

At present, many calciphilic plants of chalky soils in the Aktobe region of Western Kazakhstan are endangered. The main reasons are the limited habitat, chalk mining and active grazing. Preservation of their biodiversity and introduction remain urgent problems.

Anthemis trotzkiana (Asteraceae) is a rare herbaceous shrub, obligate calciphyte. They exist as both single and multiple specimens. It is listed in the Red Data Books of Kazakhstan and the Russian Federation.

For the purpose of further introduction the study was conducted in a greenhouse in the technopark territory of the al-Farabi Kazakh National University (KazNU), Almaty. *Anthemis trotzkiana* seeds of 3 different populations of the Aktobe region were used. The research was conducted from the time of planting – October 2017 to February 2018.

The introduction was carried out on 4 types of soil: natural chalk (control); soil of the territory of KazNU; humus; shredded coconut.

5 variants of different forms of irrigation were applied: control; nanosulfur solution (calcium polysulphide) 0.2% and 0.5%; dry nanosulfur 0.2% and 0.5%.

The study results showed that, naturally, chalky soils have the highest germination capacity (50–70%), morphological signs (height) are average (by the end of observations 4–40 mm, 20.1 mm on average). Germination on other soils was much less (0–30% among all). Among them, soils with shredded coconut (12% on average) and soil of KazNU (11.3% on average) stood out. Despite the low germination of plants on humus (6% av.), they were higher than plants on other non-chalky soils (20–40 mm, 26 mm av.). Shredded coconut also showed a favorable effect on the height (8–32 mm, 19 mm av.), the soil of KazNU was lower (7–20 mm, 16 mm av.). In all cases, the 0.2% nanosulfur solution had the greatest influence on the growth rate.

Антэкологические особенности *Hosta lancifolia* в условиях лесостепной зоны Башкирского Предуралья

Давлетбаева С.Ф., Реут А.А.
Южно-Уральский ботанический сад-институт–обособленное структурное подразделение УФИЦ РАН, Уфа, Россия
sabina.davletbaeva@mail.ru

В работе приведены данные об особенностях антэкологии *Hosta lancifolia* при интродукции в Башкирском Предуралье. Отмечено, что цветки обоеполые, актиноморфные. Околоцветник воронковидный, с отогнутыми назад долями. Венчик сростнолепестный. Цветки длиной 4.5–5.0 см. Диаметр цветка – 2.5–3.0 см. Шесть листочков околоцветника срастаются в длинную трубку, к стенкам которой прикрепляются 6 тычинок. Завязь образована 3 сросшимися плодолистиками. Длина пыльцевого мешка – 0.50 см и ширина 0.20 см. При проведении исследований выявлены следующие закономерности: распускание цветков в пределах соцветия идет в акропетальном порядке.

Одновременно на 1 соцветии могут раскрываться от 1 до 2 цветков. В начале цветения отгибание лепестков у первых цветков начиналось приблизительно в 6:30-7:00 часов утра при температуре 19 °С и относительной влажности воздуха 85%. Сначала распускаются 3 нижних лепестка, затем 3 верхних. Наблюдается протерандрия. Первыми в цветках становятся функциональными тычинки. Спустя некоторое время с началом распускания цветка наблюдается стадия растрескивания пыльников. Пыление цветка продолжается в течение 7–8 часов, при этом пыльца может попадать на рыльце пестика уже в первые часы жизни цветка. Ближе к 13–14 часам дня лопасти рыльца расправляются и на них появляются капли жидкого липкого секрета, что свидетельствует о переходе цветка к рыльцевой стадии цветения. Во время продуцирования пыльцы столбик пестика отогнут кверху, а в последующем еще больше загибается. Зафиксировано явление геркогамии. Длина пестика превышает длину тычинок в 1.1 раза. Наличие геркогамии способствует перекрестному опылению и снижает вероятность самоопыления.

Anthecological characteristics of *Hosta lancifolia* in the forest-steppe zone of the Bashkir Cis-Urals

Davletbaeva S.F., Reut A.A.
South-Ural Botanical Garden-Institute–Subdivision of the of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

The paper presents data on the characteristics of *Hosta lancifolia* anthecology under introduction in the Bashkir Cis-Urals. It was noted that the flowers are hermaphroditic, actinomorphic. Perianth is funnel-shaped, with lobes bent backwards. The corolla is rudimentary. The flowers are 4.5-5.0 cm in length. The diameter of the flower is 2.5-3.0 cm. Six leaves of the perianth grow into a long tube to whose walls 6 stamens are attached. Ovary was formed by 3 fused carpels. The length of the pollen bag is 0.50 cm and the width is 0.20 cm. The following patterns were revealed during the research: flowers bloom within the inflorescence is in acropetal order. At the same time, 1 to 2 flowers can be opened on 1 inflorescence. At the beginning of flowering the petal bending in the first flowers began at approximately 6:30–7:00 a.m. at 19°C and 85% relative humidity. First, 3 lower petals, then 3 upper ones, are blossoming. Proterandry was observed. The first in the flowers are functional stamens. After a while with the beginning of the blossoming of the flower, the cracking of the anthers is observed. Dusting of the flower lasts for 7–8 hours while pollen can get on the stigma of the pistil in the first hours of the flower's life. Closer to 1–2 p.m. the blades of the stigma are straightened and drops of liquid sticky secret appear on them which indicates the transition of the flower to the stigmatic stage of flowering. During the production of pollen, the column of the pistil is bent upward, and subsequently bends further. The phenomenon of hercogamy is fixed. The length of the pistil is 1.1 fold the length of the stamens. The presence of hercogamy promotes cross-pollination and reduces the probability of self-pollination.

Влияние фитогормонов группы брассиностероидов на морфометрические параметры культуры гиацинтов (*Hyacinthus* L.)

Каленчук Т.В.[1], Чернецкая А.Г.[2], Лемешевский В.О.[2]
[1] Полесский государственный университет, Пинск, Беларусь;
[2] Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова БГУ, Минск, Беларусь;
chrysanthemum@list.ru

Гиацинт – род растений семейства Спаржевые (*Asparagaceae*), многолетние луковичные растения, широко используются для оформления цветников весной, для зимней выгонки и на срезку. Целью работы является определение влияния веществ группы брассиностероидов на рост и развитие интродуцированных сортов гиацинтов в условиях Республики Беларусь.

Для определения влияния фитогормонов на рост и развитие растений исследуемой культуры было отобрано девять сортов (*Grand Maitre, Perle Brillante, Marconi, Doctor Stresemann, Arentine Arendsen, Doctor Krueger, Borah, La Victoire, Lord Balfour*), относящихся к двум садовым группам: простые и махровые гиацинты.

Исследования проводили на базе Центрального ботанического сада НАН Беларуси и на опытном поле УО ПолесГУ.

Гиацинты обрабатывались в открытом грунте трехкратно с интервалом 2 недели: на стадиях отрастания – двухкратно, начала бутонизации – однократно. Эксперимент включал 5 вариантов по следующей схеме: вариант 1 – контроль, дистиллированная вода; вариант 2 – водный раствор 24-эпибрассинолида (ЭБ) – ЭБ 10^{-7}М; вариант 3 – ЭБ 10^{-9}М; вариант 4 – 28-гомобрассинолид (ГБ) – ГБ 10^{-7}М; вариант 5 – ГБ 10^{-9}М.

Комплексную оценку влияния стероидов на рост и развитие растений осуществляли по результатам морфометрических параметров, представляющих декоративную ценность для культуры гиацинтов.

В результате выявлены закономерности изменения морфометрических показателей растений гиацинтов разных садовых групп.

Наиболее эффективными концентрациями брассиностероидов для повышения декоративности сортов гиацинтов являются ЭБ 10^{-9}М и ГБ 10^{-9}М.

Influence of phytohormones of the brassinosteroids group on the morphometric parameters of the hyacinth culture (*Hyacinthus* L.)

Kaleanchuk T.V.[1], Chernetskaya A.G.[2], Lemeshevsky V.O.[2]
[1] Polessky State University, Pinsk, Belarus;
[2] International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, Minsk, Belarus

Hyacinth is a genus of plants of the *Asparagaceae* family, perennial bulbous plants widely used for flower beds in spring, for winter forcing and for cutting. The aim of the work is to determine the influence of the brassinosteroids group on the growth and development of introduced hyacinth varieties in the environment of the Republic of Belarus.

To determine the influence of phytohormones on the growth and development of plants of the culture under study, nine varieties were selected (*Grand Maitre, Perle Brillante, Marconi, Doctor Stresemann, Arentine Arendsen, Doctor Krueger, Borah, La Victoire, Lord Balfour*) related to two garden groups: simple and terry hyacinths.

The studies were conducted on the basis of the Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus and on the experimental field of the Polessky State University.

Hyacinths were treated tree times in the open ground with an interval of 2 weeks: at the stages of growth - twice, at the beginning of budding - once. The experiment included 5 variants according to the following scheme: option 1 - control, distilled water; variant 2 - aqueous solution of 24-epibrassinolide (EB) - EB 10^{-7}M; Option 3 - EB 10^{-9}M; Option 4 - 28-homobassinolide (GB) - GB 10^{-7}M; Option 5 - GB 10^{-9}M.

A comprehensive assessment of the effect of steroids on the growth and development of plants was carried out based on the results of morphometric parameters that are of decorative value for the hyacinth culture.

As a result, the patterns of changes in the morphometric indices of hyacinth plants of different garden groups have been revealed.

The most effective concentrations of brassinosteroids for improving the decorative quality of hyacinth varieties are EB 10^{-9}M and GB 10^{-9}M.

Всхожесть семян видов рода *Spiraea* L. в ботаническом саду Уральского федерального университета

Михалищев Р.В.
Ботанический сад Уральского федерального университета им. Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
rmichaliszczew@gmail.com

Одним из важных показателей успешности интродукции, является формирование растениями полноценных семян. В 2015 и 2016 годах были собраны семена семи таксонов спирей. Лабораторную всхожесть определяли посевом семян в чашках Петри в четырех повторностях по 100 штук.

Высокими всхожестью и энергией прорастания отличались семена местного вида *Spiraea salicifolia* L. Семена этой спиреи начинают прорастать на вторые сутки после посева, энергия прорастания составила 54.8–58.3%, а всхожесть – 90.0–95.3%. Энергия прорастания семян *S. humilis* Pojark. оказалась меньше – 24.0–29.3%, однако, всхожесть была высокой 77.0–96.3%. Семена *S. betulifolia* Pall. и *S. japonica* f. *albiflora* (Miq.) Kitam., собранные в 2016 г., показали высокую всхожесть 81.3 и 86.5%, тогда как семена 2015 года имели низкие показатели всхожести 24.5 и 38.0%. Семена *S. japonica 'Little Princess'* не вызрели в 2015 году, а всхожесть семян, собранных в 2016 г. составила 83.5%. Семена этих спирей прорастают на 3 сутки, а максимальное число всходов было отмечено на 10 день, энергия прорастания составила от 17 до 30%. Всхожесть семян *S. chamaedryfolia* L. была 71.8 – 72.0% в разные годы. Низкой всхожестью (50,8%) характеризовались семена *S. ussuriensis* Pojark., собранные в 2016 г. Семена этих видов начинают прорастать на 5 сутки, а всходы появляются в течение 15–20 дней. Энергия прорастания составила 21.0 – 33.3 % у семян *S. chamaedryfolia* и 12.0% у *S. ussuriensis*.

Таким образом, предварительное изучение посевных качеств семян показало, что в условиях культуры ботанического сада, спиреи формируют различные по всхожести семена. Всхожесть семян, возможно, обусловлена погодными условиями в период формирования семян.

Seeds germination of species of genus *Spiraea* L. in the botanical garden of the Ural Federal University

Mikhalishchev R.V.
Botanical garden of the Ural Federal University named after B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia

One of the important indicators of the introduction success is the formation of complete germinating seeds. The seeds of seven taxa of genus *Spiraea* were collected in 2015 and 2016 for studying germination. The germination was determined under laboratory conditions by seeding in Petri dishes in four replicates with 100 seeds each.

The high germination and energy of germination was characteristic of seeds of native species *Spiraea salicifolia* L. The seeds of this meadowsweet start germinating on the second day and have energy of germination 54.8–58.3%, and have germination 90.0–95.3%. The energy of seed germination of *Spiraea humilis* Pojark. was lower - 24.0–29.3%, however germination was high at 77.0–96.3%. The seeds of *S. betulifolia* Pall. and *S. japonica* f. *albiflora* (Miq.) Kitam., collected in 2016, had a high germination at 81.3 and 86.5% while seeds of 2015 that had a low germination – 24.5 and 38.0%. The seeds of *S. japonica 'Little Princess'* did not mature in 2015 while seeds collected in 2016 had a germination 83.5%. The seeds of these species germinate on the third day and the maximum number of seedlings was observed on the tenth day, the

energy of germination was from 17 to 30%. The germination of seeds of *S. chamaedryfolia* L. was 71.8 – 72% in different years. The seeds of 2016 of *S. ussuriensis* Pojark. differed by low germination – 50.8%. The seeds of these species start germinating on the fifth day and seedlings appear during 15–20 days. The energy of germination was 21.0–33.3% with seeds of *S. chamaedryfolia* and 12.0% with seeds of *S. ussuriensis*.

In this way, preliminary study of seed germination indicates that *Spiraea* forms different seeds by quality under conditions of botanical garden. The germination possibly depends on climate condition during formation of seeds.

Усадебные парки Орловской области как центры интродукции

Парахина Е.А.[1], Силаева Ж.Г.[2], Киселева Л.Л.[3]
[1] Российский университет дружбы народов, Москва, Россия;
[2] Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, Орёл, Россия;
[3] Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, Орёл, Россия;
eparachina@yandex.ru, silaevazhanna@rambler.ru, LLKiseleva@yandex.ru

Орловская область издавна освоенная территория с богатым историческим прошлым. На территории региона на данный момент времени имеется около 40 усадебных парков или их фрагментов в разной степени сохранности.

Целью работы стало выявление усадебных парков, где проводилась интродукция, проведение инвентаризации и выявление видового состава древесных растений, успешно прошедших процесс акклиматизации. При исследовании использовалась стандартная методика. Полученные данные можно использовать при планировании озеленительных и лесомелиоративных работ. Последние представляют огромное значение, т.к. Орловская область – сельскохозяйственный регион с высокой степенью эрозии почв.

Известно, что первые усадебные парки на Орловщине появились в XVII веке (имения историка Т.Н. Грановского и графа И.Г. Чернышева). В них использовались дикорастущие виды древесных растений: *Quercus robur* L., *Tilia cordata* Mill. и др. Но процесс создания парковых ансамблей продолжился и в начале XIX века появляются усадьбы, владельцы которых проводят интенсивную интродукционную деятельность с привлечением деревьев из различных регионов мира. К таким относятся: парки в усадьбах В.Н. Хитрово и А.И. Шестакова.

В 20 годы XIX века в Моховом (усадьба Шатиловых) был заложен парк и начаты обширные работы по лесоразведению и созданию защитных полос. Использовались, в основном, иноземные хвойные растения (*Abies sibirica* Ledeb., *Pinus strobus* L. и др.).

Многие виды успешно прошли интродукцию, дают плодовитое потомство. Их необходимо использовать в озеленении. У некоторых (*Larix europaea* DC. и *L. sibirica* Ledeb.) наблюдается семенное возобновление, а некоторые внедряются в естественные сообщества и изменяют их, например, *Physocarpus opulifolia* L.

Публикация подготовлена при поддержке программы РУДН «5-100».

Homestead parks of the Orel region as introduction centers

Parakhina E.A.[1], Silaeva Zh.G.[2], Kiseleva L.L.[3]
[1] Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia;
[2] Orel State Agrarian University named after N.V. Parahin, Orel, Russia;
[3] Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia

Orel region has long been the territory with a rich historical past. Our days in the region there are approximately 40 homestead parks or their fragments in various degrees of preservation.

The aim of this work was the identification of the manor parks with the introduction performed, inventory and identification of species composition of woody plants that successfully underwent the acclimatization process. The study used a standard procedure. The resulting data can be used to plan planting and forest reclamation works. The latter are of great importance since the Orel region is an agricultural area with a high degree of soil erosion.

It is known that the first manor parks Orel region appeared in the XVII century (the estates of historian T.N. Granovsky and of count I.G. Chernyshev). They used wild-growing species of woody plants: *Quercus robur* L., *Tilia cordata* Mill. etc. But the process of creating park ensembles continued into the early XIX century when the estates appeared whose owners carred out intense introduction activities involving trees from different regions of the world. These include the parks at country estates of V.N. Khitrovo and A.I. Shestakov.

In the 20s of the XIX century in the Mokhovoy (the estate of Shatilovs) a park was laid out and extensive works on the afforestation and creation of shelterbelts began. Foreign conifers were mainly used (*Abies sibirica* Ledeb., *Pinus strobus* L., etc.).

Many species successfully passed the introduction and produce fertile offsprings. They should be used in gardening. Some (*Larix europaea* DC. and *L. sibir*ica Ledeb.) showed seed regeneration, and some are embedded in natural communities and change them, for example, *Physocarpus opulifolia* L.

The publication was prepared with the support of the Peoples' Friendship University of Russia Program 5-100.

Искусственные насаждения национального парка «Кисловодский»

Слепых О.В.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
slepykh.olya@yandex.ru

В городе-курорте Кисловодске Ставропольского края в 2016 г. городскому курортному парку присвоен статус особо охраняемой природной территорией федерального значения – национального парка, что обусловлено необходимостью сохранения уникальной флоры и фауны на территории искусственно созданного лесного массива. Создание курортного парка началось с 1823 г. по приказу генерала А. Ермолова высадкой соснового подроста из поймы реки Эшкакон.

Уникальность парка обусловлена созданием древесных куртин различной площади и видового состава, преимущественно из интродуцентов, что привело к образованию разнообразных природных ландшафтов. Некоторые из насаждений:

- *Juniperus virginiana* L. произрастает в районе санатория «Каскад», площадью 0.4 га, древесный запас насаждения 212.3 м^3/га;
- *Fraxinus pennsylvanica* Marshall насаждение расположено в средней части юго-восточного склона «Сосновой горки» в 100 м ниже терренкура 2Б. Площадь – 0.2 га, запас – 317 м^3/га;
- *Acer pseudoplatanus* L., также расположенного в районе «Сосновой горки» площадью 0.22 га, запас насаждения 210 м^3/га;
- *Abies nordmanniana* (Steven) Spach произрастает в средней части парка на пологой возвышенности с уклоном 5° северной экспозиции, площадью 0.33 га, запас насаждения 270 м^3/га;
- *Phellodendron amurense* Rupr. находится по маршруту 2Б, площадью 0.5 га, запас насаждения 136 м^3/га.

Чистые (однопородные) насаждения обеспечивают специфический фитоорганический фон под своим пологом, что широко используется в практике курортного лечения при проведении терренкура – пеших прогулок. Этот метод лечения впервые был предложен немецким врачом М.Э. Эртелем в 1885 г. Прогуливаясь по тропам парка и находясь под пологом насаждений, отдыхающие в лечебных целях используют их биологический и эстетический потенциал.

Таким образом, в течение двух столетий, искусственным путем создан парковый комплекс, выполняющий важную средообразующую и курортологическую функции.

Artificial plantations of the national Park Kislovodskiy

Slepykh O.V.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

In the resort town of Kislovodsk, Stavropol Krai, in 2016 the city resort Park was given the status of a specially protected natural area of Federal importance - the national Park which is due to the need to preserve the unique flora and fauna in the territory of the artificially created forest. The creation of the resort Park began in 1823, with planting pine undergrowth of floodplain of Eshkakon river by order of General A. Yermolov.

The uniqueness of the Park is due to the creation of wood curtains of different sizes and species composition, mainly from introduced breeds which led to the formation of a variety of natural landscapes. Some of the plantings:

- *Juniperus virginiana* L. grows in the area of health center Cascade with an area of 0.4 hectares, a woody reserve of planting 212.3 m^3/ha;
- *Fraxinus pennsylvanica* Marshall planting is located in the middle of the South – Eastern slope of the Pine hill 100 m below the terrenkur 2B. Area – 0.2 ha, reserve-317 m^3/ha;
- *Acer pseudoplatanus* L., also located in the area of "Pine hill" with an area of 0.22 hectares, a reserve of 210 m^3/ha;
- *Abies nordmanniana* (Steven) Spach grows in the middle part of the Park on a gentle hill with a slope of 5° Northern exposure, with an area of 0.33 hectares, planting capacity of 270 m^3/ha;
- *Phellodendron amurense* Rupr. is located on the route 2B, with an area of 0.5 hectares, planting capacity 136 m^3/ha.

Uniform plantations provide specific phytoorganic background under its canopy which is widely used in the practice of the health treatment with hiking. This method of treatment was first proposed by the German physician M.E. Oertel in 1885. Strolling along the trails of the Park under the canopy of plants patients use the biological and aesthetic potential.

Thus, for two centuries, the Park complex was being artificially created that performs important environmental and health functions.

Итоги интродукции древесных растений флоры Кавказа Главного ботанического сада РАН

Соколова В.В.
Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, Москва, Россия
soka22@mail.ru

На экспозиции флоры Кавказа с 1945 года было испытано 158 видов (331 образец) древесных растений. В настоящее время в коллекции насчитывается 57 видов (72 образца). Исходный материал поступал в основном в виде живых растений (68%), семян (30%) и черенками (2%).

Наибольшее количество образцов (85 шт.) собрано в районе Западного Закавказья. Наименее охваченными

по сбору материала областями оказались Западное Предкавказье (5 образцов), Восточное Предкавказье (2) и Юго-Западное Закавказье (4 образца). Пополнение коллекции происходило ежегодно, но наибольшее количество растений поступило в 1949 г., 1956-1960, 1976, 1979-1982, 1987-1988 гг. Выпад растений распределялся по годам довольно равномерно, однако наибольшие потери по различным причинам пришлись на 1959 г., 1963, 1979, 1998 г. Значительная часть изученных образцов (176 шт.) выпала по причинам природного характера, а по причинам, не зависящим от климатических условий – 83 образца.

Возраст растений в коллекции распределяется следующим образом – 11% образцов моложе 30 лет, 44% достигли 31–40 лет, 21% – 41–50 лет, 17% – 51–60 лет и 7% – более 60 лет. Наибольшей продолжительностью жизни (более 60 лет) характеризуются образцы, собранные в Западном и Центральном Кавказе. Однако образцы из таких районов как Западное Закавказье (9 шт.), Центральное Закавказье (1), Юго-Западное Закавказье (1), Южное Закавказье (3 образца) прожили довольно долго – более 50 лет. За весь период исследований цвели 108 образцов, 84 плодоносили. На данный момент 51 образец в коллекции цветет, 49 плодоносит, самосевом размножаются 7 видов – *Acer campestre* L., *Acer platanoides* L., *Acer pseudoplatanus* L., *Philadelphus caucasicus* Koehne, *Quercus macranthera* Fisch. et C.A. Mey. ex Hohen, *Staphylea pinnata* L., *Viburnum lantana* L. В коллекции к числу растений Красной книги РФ относятся *Taxus baccata* L., *Staphylea pinnata* L., *Staphylea colchica* Steven, *Corylus colurna* L., *Hedera pastuchowii* Woronow.

Results of the introduction of woody plants of the Caucasian flora of the Main Botanical Garden of RAS

Sokolova V.V.
Tsytsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Since 1945, 158 species (331 samples) of woody plants were tested at the exposition of the flora of the Caucasus. Currently, the collection has 57 species (72 samples). The starting material came mainly in the forms of living plants (68%), seeds (30%) and cuttings (2%).

The largest number of samples (85 pieces) was collected in the area of Western Transcaucasia. The Western Ciscaucasia (5 samples), Eastern Ciscaucasia (2) and South-West Transcaucasia (4 samples) were the least covered in the collection of material. The collection was replenished annually but the greatest number of plants arrived in 1949, 1956-1960, 1976, 1979-1982, 1987-1988. Loss of plants was distributed fairly evenly over the years but the largest losses for various reasons occurred in 1959, 1963, 1979, 1998. A significant part of the samples studied (176 pieces) fell out for natural reasons, and for reasons not dependent on climatic conditions – 83 samples.

The age of plants in the collection is distributed as follows: 11% of samples are younger than 30 years, 44% reached 31–40 years, 21% – 41–50 years, 17% – 51–60 years and 7% more than 60 years. The greatest duration of life (more than 60 years) is characteristic of samples collected in the Western and Central Caucasus. However, samples from such areas as Western Transcaucasia (9 pcs.), Central Transcaucasia (1), South-Western Transcaucasia (1), South Transcaucasia (3 samples) have lived for more than 50 years. For the entire period of research, 108 samples bloomed, 84 fruited. At the moment, 51 samples in the collection are blooming, 49 fruiting, 7 species are giving self-seeding – *Acer campestre* L., *Acer platanoides* L., *Acer pseudoplatanus* L., *Philadelphus caucasicus* Koehne, *Quercus macranthera* Fisch. et C.A.Mey. ex Hohen, *Staphylea pinnata* L., *Viburnum lantana* L. Plants in the collection included in the Red Data Book of the Russian Federation are *Taxus baccata* L., *Staphylea pinnata* L., *Staphylea colchica* Steven, *Corylus colurna* L., *Hedera pastuchowii* Woronow.

Семенное размножение бобовника анагировидного в условиях Нижнего Поволжья

Тимофеева С.Н., Юдакова О.И.
Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
yudakovaoi@info.sgu.ru

Бобовник анагировидный (*Laburnum anagyroides* Medik., сем. Leguminosae) – средиземноморское древесное декоративное растение. Размножается семенами, но при интродукции в условиях Нижнего Поволжья единичные проростки от самосева наблюдались лишь в отдельные годы, а грунтовая всхожесть семян не превышала 10%. Для выявления причин неэффективности семенного размножения, осложняющей широкое распространение данного вида, было проведено цитоэмбриологическое исследование. Установлено, что у растений, выращиваемых в Ботаническом саду СГУ, в завязях развивалось 5.2±0.1 кампилотропных семязачатков с восьмиядерными семиклеточными зародышевыми мешками. Степень дефектности пыльцы менее 10%. Постсингамные процессы проходили без нарушений. Формировались полноценные семена. В лабораторных условиях прорастание семян по гипокотилярному типу начиналось на 9-е сут. Однако прорастало 4.8±1.5% семян, остальные не набухали. Это указывает на полную водонепроницаемость семенной кожуры (твердосемянность). Прорастание отдельных семян можно объяснить разновременностью цветения и созревания семян, в результате чего у многих бобовых на одном и том же растении формируются мягкие (легко набухающие и прорастающие) и твердые (ненабухающие) семена. Для преодоления твердосемянности были апробированы различные варианты температурной предобработки семян (теплая и холодная стратификация и переменное температурное воздействие). Высокотемпературная предобработка стимулировала прорастание 82.2±3.7% семян.

Таким образом, низкая эффективность семенного размножения *L. anagyroides* в условиях Нижнего

Поволжья обусловлена не нарушением эмбриологических процессов, а состоянием твердосемянности, которое можно преодолеть посредством высокотемпературного воздействия.

Seeds propagation of *Laburnum anagyroides* in the conditions of the Lower Volga region

Timofeeva S.N., Yudakova O.I.
National Research Saratov Chernyshevsky State University, Saratov, Russia

Laburnum anagyroides Medik. (Leguminosae) is a woody ornamental plant from the Mediterranean. It propagates by seeds. However, single seedlings from self-seeding were observed only in certain years in the conditions of the Lower Volga region. Germination capacity did not exceed 10%. The cytoembryological study of the plants from Saratov Botanical Garden was performed to determine the reasons for the ineffectiveness of seed reproduction. It was detected that 5.24 ± 0.08 campylotropic ovules with eight-nucleus seven-cellular embryo sacs developed in the ovaries. The degree of pollen defectiveness is less than 10%. Embryo- and endospermogenesis were realized without abnormalities. The normally developed seeds were formed. In the laboratory conditions the seed germination started on the 9th day of cultivation according to hypocotylar type. However, only 4.8±1.5% of the seeds germinated, the rest did not even swell. This indicates a full water resistance of the seed coat (seed hardness). Germination of individual seeds can be explained by different flowering timing and ripening of seeds. In the result soft (easily swelling and germinating) and hard (non-swelling) seeds are formed on the same plant. It is typical for many legumes. Various temperature pre-treatments of seeds (warm, cold stratification and alternate regimes) have been tested for breaking the seed hardness. Among them the high-temperature pre-treatment stimulated the germination of 82.2±3.7% of the seeds.

Thus, the low effectiveness of the *L. anagyroides* seeds propagation in the conditions of the Lower Volga region is due not to the disturbance of embryological processes but to the seeds hardness that can be overcome by high-temperature pre-treatment.

Некоторые виды луков подрода *Melanocrommyum* в условиях культурфитоценоза

Уралов А.И.
Институт Ботаники Академии наук Республики Узбекистан, Ташкент, Узбекистан
uralov.85@mail.ru

В Ботаническом саду г. Ташкента (ныне Ботанический сад Института Ботаники АНРУз) интродукция среднеазиатских видов рода Лук (*Allium* L.) началась одновременно с созданием самого сада в 50-е годы прошлого столетия. Трудами З.Н. Филимоновой была собрана богатейшая коллекция, насчитывающая более 100 видов. К сожалению, с её уходом эта коллекция была утеряна. Позднее, на экспозиции «Флора и растительность Средней Азии» интродукционное изучение прошли около 50 видов этого рода.

За время интродукционного изучения некоторые виды расселились по территории Сада, рассматриваемого как культурфитоценоз, где и произрастают по настоящее время без какого-либо ухода. Проведенное в 2016 г. обследование территории выявило следующие виды:

секция *Acmopetala* (подсекция *Spiralotunicata: A.suvorovii* Regel.)
секция *Aroidea*: *A. aroides* Popov et Vved.
секция *Compactoprason* (подсекция *Erectotepala*: *A. giganteum* Regel., *A. trautvetterianum* Regel.)
секция *Kaloprason* (подсекция *Kaloprason*: *A. christophii* Trautv., *A. protensum* Wendelbo).
секция *Megaloprason*: (*A. altissimum* Regel., подсекция *Elatae: A.stipitatum* Regel., подсекция *Megaloprason*: *A. rosenbachianum* Regel.)

Систематическое положение приведено по Ф.У. Хасанову (2008). *A. christophii является* эндемом Туркмении; *A. aroides* – Узбекистана.

Подавляющее большинство обнаруженных видов имеют высокую степень успешности интродукции: все из них регулярно плодоносят; все, кроме *A. christophii* и *A. protensum*, способны к вегетативному размножению. Наибольшую способность к расселению проявили виды (*A. altissimum, A. stipitatum, A. suvorovii*), которые вышли далеко за пределы экспозиций, предпочитая полутень или даже тень, где отсутствуют злостные сорные растения. Являясь ранневесенними эфемероидами, эти виды успевают до развития листьев на древесных растениях накопить достаточный запас питательных веществ в луковице. Большинство видов предпочитают мягкие почвы (*A. suvorovii, A. christophii, A. stipitatum* и *A. giganteum).* Один вид сорничает (*A. suvorovii*).

Some species of *Allium*, subgenus *Milanocrommyum*, in the cultural phytocoenosis

Uralov A.I.
Institute of Botany of the Academy of Sciences of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

In the Botanic Garden of Tashkent (now the Botanic Garden of the Botany Institute of the Academy of Sciences of the Uzbekistan Republic), introduction of the horticultural species of Central Asian onions (*Allium* L.) began in parallel with the creation of the Garden itself in the 50s of the last century. The efforts of Z.N. Filimonova allowed to create a rich collection of more than 100 species. Unfortunately, this collection is lost now. Later, at the exposition "Central Asia Flora" about 50 species of this genus were introduced.

During the introduction research, some species spread around the Garden, which is considered the cultural phytocoenosis, and are growing without any care. The checkup of the territory in 2016 identified the following species:

section *Acmopetala* (subsection *Spiralotunicata: A.suvorovii* Regel.)

section *Aroidea*: *A. aroides* Popov et Vved.

section *Compactoprason* (subsection *Erectotepala*: *A. giganteum* Regel., *A. trautvetterianum* Regel.)

section *Kaloprason* (subsection *Kaloprason*: *A.christophii* Trautv., *A. protensum* Wendelbo)

section *Megaloprason* (*A. altissimum* Regel., subsection *Elatae: A.stipitatum* Regel., subsection *Megaloprason*: *A. rosenbachianum* Regel.)

The taxonomy is given according to F.U. Khasanov (2008) *A. christophii* is endemic of Turkmenistan; *A. aroides* – of Uzbekistan.

The majority of species is successful in horticulture: all of them regularly fruit; all of them, except *A. christophii* and *A. protensum*, can germinate vegetatively. *A. altissimum, A. stipitatum, A. suvorovii* show the greatest ability to spread and reached far beyond the limits of exposition preferring partial shade or even a shadow where there are no malignant weeds. All of them are early spring ephemeroids, they accumulate sufficient supply of nutrients in the bulb before woody species leaves develop. Most species prefer soft soils (*A. suvorovii, A. christophii, A. stipitatum*, and *A. giganteum*). *A. suvorovii* is weeding.

Химико-технологическая оценка сортов-клонов яблони Сиверса джунгарской популяции

Шадманова Л.Ш., Муканова Г.С., Санкайбаева А.Г.
Институт ботаники и фитоинтродукции, Алматы, Казахстан
laura_shadmanova@mail.ru

Яблоки являются богатым источником фитохимических веществ, а эпидемиологические исследования связали потребление яблок с меньшим риском некоторых видов рака, сердечно-сосудистых заболеваний, астмы и диабета типа II. Известно, что культурные сорта по своим полезным свойствам уступают диким видам.

Целью нашей работы было исследование биохимических и технологических показателей качества плодов сортов-клонов яблони Сиверса и выделение наиболее ценных сортов с высоким содержанием в плодах биологически активных веществ для переработки и использования их в селекции.

В исследованиях использовались 15 сортов-клонов яблони Сиверса, отобранные из разных популяций Джунгарского Алатау. Для изучения химического состава плодов использовали общепринятые методы. В плодах определялись в % количество сухого вещества, сахара, органических кислот, водорастворимого пектина, лейкоантоцианов. Анализ проводился с 2012 по 2014 гг. Результаты обрабатывались с помощью программы Excel.

Изученные плоды сортов-клонов яблони Сиверса в большинстве случаев были мелкими и характеризуются более высокой кислотностью от 1.11 до 2.29%. Низкое содержание кислот имели 3 сорта-клона. Среди сортов-клонов яблони Сиверса с высоким сахарокислотным индексом выделились всего 3 сорт-клона. По высокому содержанию сахаров до 17 % из 15 сортов-клонов яблони Сиверса выделились 6. В изученных нами сортах-клонах яблони Сиверса содержание лейкоантоцианов было от 47 до 651 мг/100 г. Высоким содержанием водорастворимого пектина от 1.04 до 2.5% в плодах выделяются большинство сортов-клонов. Отмечено высокое содержание сухих веществ в изученных плодах.

В результате биохимической и технологической характеристики сортов-клонов яблони Сиверса нами выявлены сорта с высоким содержанием питательных и биологически активных веществ. Выделенные сорта-клоны яблони Сиверса с богатым содержанием питательных и биологически активных веществ в плодах могут служить ценным источником для селекции и переработки.

Chemical-technological evaluation of the zhungarian population of *Malus sieversii* clones

Shadmanova L.Sh., Mukanova G.S., Sankaibayeva A.G.
Institute of Botany and Phytointroduction, Almaty, Kazakhstan

Apples being a rich source of phytochemical substances have let epidemiological research to link their consumption with a lower risk of certain types of cancer, cardiovascular diseases, asthma and type II diabetes (Knekt *et al*., 2002). The plants cultivated by human are known to be inferior to the wild ones in their useful properties.

The aim of our work was the investigation of biochemical and technological quality features of fruit of *Malus sieversii* clones and the selection of the most valuable cultivars containing a high level of biologically active substances in fruit for their processing and use in breeding.

During our investigation 15 clones of *Malus sieversii* selected from different populations of the Dzungarian Alatau were used. To study the chemical composition of fruit the generally accepted methods were applied. The percentage of dry matter, sugar, organic acids, water-soluble pectin and leucoanthocyanins was determined. The analysis was carried out during the period from 2012 to 2014. The results were processed using *Excel* program.

Fruits of the researched clones of *Malus sieversii* in most cases were small and characterized by a higher acidity, from 1.11 to 2.29%. Low content of acids was found in 3 clones. Among the *Malus sieversii* clones possessing a high sugar-acid index, only 3 clones were outstanding. Among 15 clones of *Malus sieversii* 6 of them were outstanding by high sugar content, up to 17%. The leucoanthocyanins content in the researched clones was from 47 to 651 mg per 100 g. Most of the researched clones of *Malus sieversii* demonstrated a high level of water-soluble pectin, from 1.04 to 2.5%. A high level of dry substance in fruit of the researched plants was noted.

As a result of biochemical and technological characteristics of clones of *Malus sieversii* we have determined cultivars containing a high level of nutrients and biologically active substances. They can be used as a valuable source in breeding and product processing.

Наземные бромелиевые (*Bromeliaceae*) в коллекции Ботанического сада Петра Великого

Ярославцева М.А.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
irbis-000@mail.ru

Семейство *Bromeliaceae* насчитывает 52 рода и 3320 видов, родом из Северной и Южной Америки, один вид встречается на территории Западной Африки. Бромелиевые - многолетние травянистые растения, многие из которых ведут эпифитный образ жизни, однако среди них также есть и наземные.

В роде *Ananas* Mill. 6 видов, в оранжерейной коллекции Ботанического сада Петра Великого представлены 3, имеют охранный статус Least Concern – National. Также есть 3 сорта. Это плодовые, декоративные, лекарственные растения, прядильная культура.

Род *Pitcairnia* L'Hér. насчитывает 402 вида. В оранжерейной коллекции 14. Многолетние растения, декоративны на период цветения, цветки разнообразны по окраске.

В роде *Bromelia* L. 61 вид. В оранжерейной коллекции представлено 3 вида. Цветение наблюдается у экземпляров, высаженных в грунт. Декоративные растения.

Hechtia Klotzsch - 60 видов, в коллекции Ботанического сада 3 вида. Ксерофитные растения, после цветения розетка не отмирает, а продолжает вегетировать.

Род *Dyckia* Schult. & Schult. f. насчитывает 149 видов. В коллекции 6 видов. Ксерофиты, декоративные растения.

Puya Molina – 227 видов, в коллекции 2. Ксерофиты, многие виды отличаются крупными декоративными соцветиями.

Deuterocohnia Mez – всего насчитывается 18 видов, в оранжереях Ботанического сада – 4 вида. Ксерофитные растения, образуют множество дочерних розеток.

В роде *Fosterella* L.B. Sm. 31 вид. В оранжерейной коллекции – 3 вида. Цветки довольно невзрачные, декоративны листья, в отличие от многих бромелиевых не имеют колючек и шипов.

Род *Cryptanthus* Otto & A. Dietr. насчитывает 67 видов. В оранжерейной коллекции 13 видов и 10 сортов. Эндемики Бразилии. Цветки мелкие, невзрачные, декоративны листья.

Род *Orthophytum* Beer включает 68 видов, в оранжереях Ботанического сада – 2 вида и 1 сорт. Декоративные растения. Также наземные виды встречаются у таких родов как: *Billbergia* Thunb., *Vriesea* Lindl., *Guzmania* Ruiz & Pav., *Neoregelia* L.B. Sm., *Nidularium* Lem., *Aechmea* Ruiz & Pav.

Terrestrial bromeliads (*Bromeliaceae*) in collection of the Botanical Garden of Peter the Great

Yaroslavtseva M.A.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

The family *Bromeliaceae* has 52 genera and 3320 species, is native to the Americas, one species is found in West Africa. Bromeliads are perennial herbaceous plants, many of which are epiphytes, but among them there are also terrestrial ones.

In the genus *Ananas* Mill. there are 6 species, in the greenhouse collection of the Botanical Garden of Peter the Great 3 are represented, have the conservation status of Least Concern - National. There are also 3 cultivars. These are fruit, ornamental, medicinal plants, fiber crops.

The genus *Pitcairnia* L'Hér. has 402 species. In the greenhouse collection there are 14 of them. They are perennials, decorative for the flowering period, the flowers are diverse in color.

In the genus *Bromelia* L. there are 61 species. There are 3 species in the greenhouse collection. Flowering is observed in specimens planted in soil. Decorative plants.

Hechtia Klotzsch has 60 species, in the collection of the Botanical Garden there are 3 species. They are xerophytic plants, rosette does not die after flowering but continues to vegetate.

The genus *Dyckia* Schult. & Schult. f. has 149 species. There are 6 species in the collection. They are xerophytes, ornamental plants.

Puya Molina has 227 species, 2 in the collection. They are xerophytes, many species are distinguished by large decorative inflorescences.

Deuterocohnia Mez – 18 species, in the greenhouses of the Botanical Garden - 4 species. Xerophytic plants form a number of daughter rosettes.

In the genus *Fosterella* L.B. Sm. there are 31 species. In the greenhouse collection - 3. Flowers are rather plain, leaves are decorative, unlike many bromeliads do not have spines.

The genus *Cryptanthus* Otto & A. Dietr. has 67 species. In the greenhouse collection - 13 species and 10 cultivars. Endemics of Brazil. Flowers are small, unattractive, leaves are decorative.

The genus *Orthophytum* Beer includes 68 species, in the greenhouses of the Botanical Garden there are 2 species and 1 cultivar. Decorative plants. Also terrestrial species occur in such genera as: *Billbergia* Thunb., *Vriesea* Lindl., *Guzmania* Ruiz & Pav., *Neoregelia* L.B. Sm., *Nidularium* Lem., *Aechmea* Ruiz & Pav.

КЛЕТОЧНАЯ И МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ И МЕТАБОЛИЗМ РАСТЕНИЙ И ГРИБОВ

Регуляторные пептиды растений и их роль в системном контроле процессов развития

Лебедева М.А.
Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
mary_osipova@mail.ru

Процессы развития растений являются удивительно пластичными и в значительной степени находятся под контролем факторов окружающей среды. Это во многом обеспечивается существованием у растений регуляторных механизмов, учитывающих потребности разных органов и регулирующих развитие на уровне целого организма, то есть системного контроля развития. Такие регуляторные механизмы подразумевают наличие специализированных сигнальных молекул, способных к дальнему транспорту и опосредующих коммуникацию между различными органами растения. Как показали исследования последних лет, в роли таких сигнальных молекул выступают регуляторные пептиды, которых относят к особой группе пептидных гормонов растений (см., Tabata *et al*., 2014; Okamoto *et al*., 2009).

Первым выявленным пептидным гормоном растений был системин у томата, вовлеченный в индукцию иммунного ответа (Pearce *et al*., 1991), и впоследствии было выявлено целое множество пептидов, регулирующих различные процессы развития (Grienenberger *et al*., 2015; Ганчева *и др*., 2018), функции многих из них еще до конца не охарактеризованы. Более того, многие патогены способны к секреции пептидов, мимикрирующих действие эндогенных пептидов растений и связывающихся с их рецепторными комплексами (Wang *et al*., 2005). Регуляторные пептиды растений можно разделить на несекретируемые и секретируемые пептиды, которые в свою очередь подразделяют на посттрансляционно модифицируемые пептиды и цистеин-богатые пептиды. Посттранляционно модифицируемые пептиды синтезируются в виде более протяженного пептида-предшественника, на С-конце которого, как правило, находится консервативный функциональный домен, из которого в результате протеолиза и посттрасляционных модификаций образуется активный регуляторный пептид длиной около 5-20 аминокислот (см. обзор Oh *et al*., 2018). Наиболее изученными представителями этой группы пептидов являются пептиды CLE (CLAVATA3/EMBRYO SURROUNDING REGION-related) и CEP (C-TERMINALLY ENCODED PEPTIDES). Как было показано, представители этих двух групп регуляторных пептидов могут опосредовать реакции системного контроля процессов развития, и именно им уделено основное внимание в докладе.

Пептиды CEP активируются в корнях в ответ на недостаток азота. Так, для пептида CEP1 у арабидопсиса показано, что в гетерогенной по содержанию азота среде, пептид AtCEP1 активируется в корнях, испытывающих голодание по азоту, и системно, действуя через рецептор, работающий в побеге, активирует экспрессию генов нитратных транспортеров NRT (Tabata *et al*., 2014). Более того, пептиды CEP ингибируют рост корня, подавляя пролиферацию клеток меристемы, а также закладку боковых корней (Ohyama *et al*. 2008). Этот эффект также может быть обусловлен активацией нитратных транспортеров NRT, поскольку, в частности, было показано, что нитратный транспортер NRT1.1 у арабидопсиса также вовлечен в транспорт ауксина, ключевого гормона, участвующего в развитии корня (Krouk *et al*., 2010).

Другой реакцией на дефицит азота в среде является формирование азотфиксирующих клубеньков, к которому способны бобовые растения при симбиозе с почвенными бактериями ризобиями. У модельного бобового растения *Medicago truncatula* пептид MtCEP1 стимулирует формирование клубеньков и при этом подавляет закладку боковых корней (Imin *et al*., 2013). Так, обработка синтетическим пептидом, а также сверхэкспрессия гена *MtCEP1* приводит к увеличению числа клубеньков (Imin *et al*., 2013). Более того, эффектом обработки экзогенным пептидом MtCEP1, а также сверхэкспрессии *MtCEP1* является формирование так называемых сайтов CCP (circumferential cell proliferations) – периодически расположенных “вздутий” на корне, возникающих в результате пролиферации клеток перицикла, коры и эпидермиса. В части таких сайтов наблюдали блокированные в развитии боковые корни, а из части сайтов CCP развивались функционирующие симбиотические клубеньки (Imin *et al*., 2013).

Другая группа посттрансляционно модифицируемых пептидов, CLE-пептиды, также вовлечены в системный контроль развития симбиотических клубеньков у бобовых растений (Okamoto *et al*., 2009; Mortier *et al*., 2010). У бобовых растений CLE-пептиды являются компонентами системы авторегуляции клубенькообразования, регулирующей число образующихся клубеньков. Авторегуляция включает обмен сигналами между корнем и побегом, при этом синтезируемые в формирующихся клубеньках CLE-пептиды транспортируются в побег, где они, связываясь со специфическими рецепторами, запускают ответные реакции, подавляющие образование клубеньков на корнях (см. Reid *et al*., 2011; Soyano *et al*., 2014). Более того, ряд CLE-пептидов, активируемых при симбиозе, также индуцируются при обработке нитратом, и таким образом, опосредуют нитрат-зависимое подавление развития симбиотических клубеньков (Okamoto *et al*., 2009, Lim *et al*., 2014).

Таким образом, регуляторные пептиды CEP и CLE поступают из корней в побег и “сообщают” о недостатке или избытке азота, соответственно. Эти регуляторные пептиды запускают системные реакции в ответ на изменение уровня азота в среде, регулируя развитие корней и симбиотических клубеньков с учетом потребностей растения в целом.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ 16-16-10011, грантов РФФИ 15-34-20071 и 15-29-02737, гранта НШ-9513.2016.4.

Signaling peptides in plants and their role in systemic control of developmental processes

Lebedeva M.A.
St. Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

The development of most plants is dramatically influenced by the environment. The developmental plasticity in plants is largely due to the existence of systemic mechanisms that regulate the development at the whole organism level. Such regulatory mechanisms imply the presence of specialized signaling molecules capable of long-distance transport and mediating communication between the various organs. Recent studies have shown that regulatory peptides, which are classified as a group of plant hormones, act as such signaling molecules (see Tabata *et al*., 2014; Okamoto *et al*., 2009).

The first plant peptide hormone identified in plants was systemin in tomato, which induces immune response (Pearce *et al*., 1991), and since then a whole variety of peptides were identified, which regulated various developmental processes (Grienenberger *et al*., 2015; Gancheva *et al*., 2018). The functions fulfilled by many of them have not yet been characterized. Plant regulatory peptides can be divided into non-secreted and secreted ones, which in turn are subdivided into post-translationally modified and cysteine-rich peptides. Post-translationally modified peptides are synthesized as a longer precursor peptide, whose C-terminus usually contains a conserved functional domain. The precursor peptides undergo proteolysis and post-translational modifications to produce mature peptides of about 5-20 amino acids (for review see Oh *et al*., 2018). The most well-studied members of this group are CLE and CEP peptides. Members of these two groups have been shown to mediate the systemic control of the development, and they are in the focus of this paper.

CEP peptides are activated in roots in response to nitrogen starvation. In *Arabidopsis,* CEP1 peptide is upregulated in roots by nitrogen starvation, then it moves to the shoot and binds to the specific receptor, which in turns activates the expression of *NRT* (nitrate transporters) genes in roots (Tabata *et al*., 2014). Moreover, CEP peptides inhibit root growth and the initiation of lateral roots (Ohyama *et al*., 2008). This effect can also be due to the activation of NRT/\; in particular, it has been shown that the NRT1.1 nitrate transporter in arabidopsis is involved in auxin transport, the key hormone responsible for in root development (Krouk *et al*., 2010).

Another reaction to nitrogen starvation is the formation of nitrogen-fixing nodules in legumes as a result of symbiosis with rhizobia. In *Medicago truncatula*, the MtCEP1 peptide stimulates formation of nodules and suppresses lateral root initiation (Imin *et al*., 2013). Thus, treatment with a synthetic peptide or *MtCEP1* overexpression increases the nodule number (Imin *et al*., 2013). Moreover, exogenous MtCEP1 or *MtCEP1* overexpression induces so-called CCP (circumferential cell proliferations) sites on the root due to the proliferation of pericyclic, cortical and epidermal cells. In some CPP sites, arrested lateral root primodia were found, and some CCP sites developed into functional symbiotic nodules (Imin *et al*., 2013).

CLE peptides represent another group of post-translationally modified peptides involved in systemic control of nodulation (Okamoto *et al*., 2009, Mortier *et al*., 2010). In legumes, CLE peptides are the components of AON (autoregulation of nodulation) system, which regulates the nodule number. AON involves signal exchange between the root and the shoot. CLE-peptides ae synthesized in the nodules and are transported to the shoot, where they bind to their receptors and trigger responses that suppress nodulation (Reid *et al*., 2011; Soyano *et al*., 2014). Moreover, a number of nodulation-specific CLE-peptides are also induced by nitrate treatment, and thereby mediate nitrate-dependent suppression of nodule development (Okamoto *et al*., 2009, Lim *et al*., 2014).

To summarize, CEP and CLE peptides represent root-derived antagonistic signals that "inform" the shoot about the nitrogen status and trigger systemic response regulating the development of roots and symbiotic nodules.

This work was supported by Russian Scientific Foundation project no. 16-16-10011 and grants from Russian Foundation for Basic Research no. 15-34-20071 and 15-29-02737, as well as the grant of the president of the Russian Federation НШ-9513.2016.4.

Влияние условий обитания в приливной зоне на состав и содержание липидов *Fucus vesiculosus* (*Phaeophyta*)

Виноградская М.А.[1], Котлова Е.Р.[1], Воскобойников Г.М.[2]
[1] Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;
[2] Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, Мурманск, Россия
kismasha@yandex.ru

Водоросли литоральной зоны подвержены воздействию двух сред – воздушной и водной, что обусловлено квадратурными и сизигийными приливами и отливами моря. Для макроводорослей этой зоны характерно вертикальное видовое распределение, обусловленное толерантностью к различным факторам. Одним из основных критериев, определяющих поселение водорослей в верхней литорали, является их способность переносить осушение. Водный дефицит может вызывать сдвиги в метаболизме липидов. С одной стороны, дефицит воды может приводить к процессам деградации, приводящих к уменьшению содержания мембранных липидов. С другой стороны, дегидратация вызывает перестройку баланса между липидными классами, в частности, приводит к снижению соотношения глико- и фосфолипиды, а также увеличению индекса дигалактозилдиацилглицерины (ДГДГ) / моногалактозилдиацилглицерины (МГДГ). Целью исследования являлось выявление на уровне липидных молекул адаптивных реакций у бурой водоросли *Fucus vesiculosus* L. (*Phaeophyta*), вызванных дегидратацией в период сизигийных отливов.

В качестве объектов исследования были использованы образцы бурой водоросли фукуса пузырчатого

F. vesiculosus. Для исследований водоросли отбирали с камней из среднего горизонта литорали губы Зеленецкой Баренцева моря в периоды максимального прилива, максимального отлива, начала прилива. Липиды экстрагировали изопропанолом, затем смесью изопропанол-хлороформ (1:1) (Nichols, 1963). Индивидуальные классы глико-, фосфо- и бетаиновых липидов анализировали методом двумерной высокоэффективной тонкослойной хроматографии (Benning *et al*., 1995).

Дегидратация во время отлива вызвала двукратное снижение суммарного содержания мембранных липидов у *F. vesiculosus*. Показано, что редукция содержания мембранных липидов сопровождалась перестройкой баланса индивидуальных классов липидов. Среди галактолипидов наблюдали снижение пропорции МГДГ на фоне увеличения вклада ДГДГ, что привело к увеличению индекса ДГДГ/МГДГ.

Lipids of brown algae *Fucus vesiculosus* (*Phaeophyta*) from intertidal zone

Vinogradskaya M.A.[1], Kotlova E.R.[1], Voskoboinikov G.M.[2]
[1] Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia;
[2] Murmansk Marine Biological Institute, Kola Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Murmansk, Russia

The typical habitat of fucoid seaweeds in the intertidal zone, an extremely variable environment, is characterized by periodic fluctuations of several ecophysiologically relevant parameters during the tidal cycles. Seaweeds growing in the upper intertidal show increased tolerance to environmental fluctuations, whereas those sensitive to ambient stress inhabit the lowermost intertidal zone. This is expressed by a characteristic zonation of the intertidal. One of the major variables controlling the upper growth limit is the ability to cope with desiccation. During dehydration, the lipid composition changes to contribute to membrane stabilization. One of the best documented dehydration responses is the decline in glycolipids in relation to phospholipids, and the increase in digalactosyldiacylglycerol (DGDG) to monogalactosyldiacylglycerol (MGDG) ratio. The aim of this work was to identify adaptive reactions of lipid composition in tissues of the brown algae *F. vesiculosus*, caused by desiccation during daily tide changes.

Major cellular lipids were investigated in the brown algae *F. vesiculosus* from the Barents Sea. Vegetative parts of *F. vesiculosus* were collected from the intertidal zone during high and low tide. The lipids were extracted with isopropanol, and further with isopropanol-chloroform (1: 1) (Nichols, 1963). The individual classes of glyco-, phospho- and betaine lipids were analyzed by 2-D thin layer chromatography (Benning *et al*., 1995).

In response to dehydration, the total lipid content in the membrane decreased significantly. It is shown that the reduction in the content of membrane lipids was accompanied by the restructuring of the balance of individual classes of lipids. The most important changes concerned two galactolipids – the percentage of MGDG decreased, whereas the contribution of DGDG increased. This resulted in the increase of DGDG / MGDG ratio.

Влияние одновременной эктопической экспрессии MADS- генов хризантемы B- и C-класса на идентичность меристемы и органов цветка трансгенных растений табака

Гаврилова К.С., Камионская А.М., Щенникова А.В.
Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН, Москва, Россия
gavrilovaksysha@gmail.com

Идентичность меристемы и органов цветка определяется комбинаторным воздействием генетических активностей ABCDE, представленных преимущественно генами MADS-факторов транскрипции, чья эволюция считается одной из ключевых причин возникновения цветка. Исследования MADS-генов у разных видов растений показали, что структурная гомология генов сопровождается их функциональным сходством, что подтверждает консервативность процесса цветения среди высших растений и позволяет предсказывать функции вновь выделенных MADS-генов. В данной работе анализ трансгенных растений *Nicotiana tabacum* с одновременной эктопической экспрессией трех MADS-генов *Chrysanthemum morifolium* B- и C-активностей позволил предположить роли данных генов в развитии соцветия хризантемы и дополнить ABCDE-модель развития цветка. Среди полученных ранее линий трансгенных растений табака с эктопической экспрессией каждого из трех генов, *CDM37, CDM86* и *CDM115*, под контролем промотора 35S и терминатора NOS были отобраны линии с наиболее выраженным проявлением воздействия трансгенов, и проведено их последовательное скрещивание. Для финального скрещивания была выбрана линия «86/115», отличающаяся от контроля более поздним сроком цветения, удлиненной ножкой завязи, отсутствием нектарников, а также двойным сросшимся терминальным цветком с дополнительным кругом лепестков и чашелистиками с признаками лепестков. Эту линию скрестили с линией «37», формирующей лепестки с признаками тычинок, чашелистики с признаками плодолистиков и эктопические нектарники. Цветки «86/115/37» сочетали в себе признаки родительских линий, при этом нектарники отсутствовали. Изменение идентичности органов второго и четвертого кругов говорит о возможном участии гена *CDM37* в закладке тычинок, пестика и нектарников, и гена *CDM86* – в закладке тычинок и лепестков и в подавлении развития нектарников.

Effect of simultaneous ectopic expression of chrysanthemum B- and C-class MADS-box genes on the identity of meristem and flower organs of transgenic tobacco plants

Gavrilova K.S., Kamionskaya A.M., Shchennikova A.V.
Federal Research Centre "Fundamentals of Biotechnology" of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

The flower meristem and floral organ identity is determined by the combinatorial action of ABCDE genetic activities mainly represented by the genes of MADS-domain transcription factors, whose evolution is considered one of the key reasons of flower emergence. The MADS-box gene studies in different plant species have shown that the structural homology of genes is accompanied by their functional similarity, which confirms the conservativeness of flowering among higher plants and allows predicting the functions of newly isolated MADS-box genes. In this study, the analysis of transgenic *Nicotiana tabacum* plants with simultaneous ectopic expression of the three *Chrysanthemum morifolium* B- and C-class MADS-box genes allowed determining the role played by these genes in the development of chrysanthemum inflorescence, and complemented the ABCDE model of flower development. Among the previously obtained lines of transgenic tobacco plants with ectopic expression of each of the three genes, *CDM37*, *CDM86* and *CDM115*, under the control of the 35S promoter and NOS terminator, the lines with the most expressed transgene effect were selected and sequentially crossed. For the final crossing, the line "86/115" was chosen, which differs from the WT control by later flowering, elongated ovary stalk, absence of nectaries, and also by a double fused terminal flower with an additional whorl of petals, and with petal-like sepals. This line was crossed with the line "37", forming stamen-like petals, carpelloid sepals, and ectopic nectaries. Flowers "86/115/37" combined the features of the parent lines, while the nectaries were absent. The change in the identity of the second and fourth whorl organs indicates the possible participation of the *CDM37* in the specification of the stamens, carpels, and nectaries, and the *CDM86* in the determination of stamens and petals, as well as in suppressing the nectary development.

Предварительные результаты метаболомного профайлинга 8 видов *Marshantiophyta*

Глушкевич А.И.[1], Кушневская Е.В.[1], Шаварда А.Л.[1,2]
[1] Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;
[2] Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
st047525@studnt.spbu.ru

Печеночники – отдельная группа мохообразных, богатая вторичными метаболитами: разнообразными моно-, сескви-, дитерпенами, небольшими ароматическими соединениями. Нашей целью было выявить состав метаболитов и оценить сходство среди различных групп печеночников.

Нами был проведен ГХ/МС анализ 11 метанольных экстрактов образцов печеночников, относящихся к 8 видов, 6 родам класса *Jungermanniopsida* Stotler et Crand.-Stotl. Всего в образцах было выявлено несколько сотен веществ. Оказалось, что все исследованные виды сильно различаются между собой по метаболомному профилю. Общих для всех видов веществ всего около 30. Сходство внутри родов тоже очень небольшое. *Barbilophozia barbata* (Schmidel ex Schreb.) Loeske и *B. lycopodioides* (Wallr.) Loeske имеют 20 общих веществ, которые не встретились у других видов. Остальные рода, в которых было исследовано два вида, имеют 7-8 таких соединений, и в той же степени схожи три образца одного вида *Ptilidium ciliare* (L.) Hampe.

В систематическом положении дальше всего отстоит *Riccardia latifrons* (Lindb.) Lindb. (подкласс *Metzgeriidae* Barthol.-Began), ее состав отличается от всех остальных довольно большим содержанием низкомолекулярных органических кислот. Остальные виды относятся к 4 порядкам подкласса *Jungermanniidae* Engl. Среди исследованных образцов виды семейства *Scapaniaceae* Mig. – *Lophozia guttulata* (Lindb. et Arnell) A. Evans, *Barbilophozia barbata* и *B. lycopodioides* – содержат наибольшее количество характерных терпеноидных соединений. *Plagiochila asplenioides* (L. emend. Taylor) Dumort. и *P. porelloides* (Torr. ex Nees) Lindenb. содержат много сахаров. Также индивидуальные терпены обнаружены в *Ptilidium ciliare*. Для этого вида было исследовано 3 образца, два из которых были собраны с каменистых субстратов и оказались сходны по полученному профилю, а третий, взятый с коры живой осины, отличался от остальных. Это также ставит вопрос о значимости экологических условий, в том числе субстрата, на котором произрастает печеночник. Например, при анализе видов рода *Calypogeia* (*C. suecica* (Arnell et J. Perss.) Müll. Frib., *C. integristipula* Steph.) и сходной определенными экологическими особенностями *L. guttulata* определяются различные фенольные вещества.

Preliminary results of metabolomic profiling of 8 *Marshantiophyta* species

Glushkevich A.I.[1], Kushnevskaya E.V.[1], Shavarda A.L.[1,2]
[1] St. Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia;
[2] Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

Liverworts are a specific group of Bryophyta rich in secondary metabolites, including different mono-, sesqui- and diterpenoids, small aromatic compounds. Our purpose was to identify the composition of the metabolites and to estimate the similarity between different liverworts.

A GC/MS analysis of 11 methanolic extracts of liverwort samples belonging to 8 species, 6 genera of *Jungermanniopsida* Stotler et Crand.-Stotl. class was conducted.

As a result, the samples were found to contain several hundred compounds, and the conclusion was made that all the studied species differed greatly in their metabolomic profiles. Only about 30 compounds were common to all the samples. The similarity within the genera is also very poor. *Barbilophozia barbata* (Schmidel ex Schreb.) Loeske and *B. lycopodioides* (Wallr.) Loeske have 20 common compounds, which were not found in other samples. Other genera, where two species were studied, contain 7-8 such compounds; with the same results for the three samples of the same species *Ptilidium ciliare* (L.) Hampe.

Riccardia latifrons (Lindb.) Lindb. (subclass *Metzgeriidae* Barthol.-Began) is the furthest species along the systematic line, which can be characterized as containing numerous low molecular weight organic acids.

Other species belong to 4 orders of the subclass *Jungermanniidae* Engl. The species of family *Scapaniaceae* Mig. – *Lophozia guttulata* (Lindb. et Arnell) A. Evans, *Barbilophozia barbata* and *B. lycopodioides* contain the largest number of individual terpenoids. *Plagiochila asplenioides* (L. emend. Taylor) Dumort. and *P. porellioides* (Torr. ex Nees) Lindenb. seem to contain many sugars. Other special terpenes were found in *Ptilidium ciliare*. Three samples of the species were studied in total; two of them were collected from stone and turned out to have similar profiles. The third sample was collected from the bark of live aspen and differed from the former two. This fact raises the question of the role played by environmental conditions, including the substrate on which the liverwort grows. For example, the analysis of *Calypogeia* species (*C. suecica* (Arnell et J. Perss.) Müll. Frib., *C. integristipula* Steph.), which are ecologically similar to *L. guttulata*, all showed the presence of phenolic compounds.

Инсектицидная активность экстрактов некоторых патогенов пшеницы

Григорьева Е.Н.[1,2], Петрова М.О.[1], Берестецкий А.О.[1]

[1] Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Санкт-Петербург, Россия;

[2] Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Пушкин, Санкт-Петербург, Россия

8540356@mail.ru

Молекулярные механизмы антагонистических взаимоотношений между фитопатогенными грибами и насекомыми-фитофагами малоизучены. Можно предположить, что они обусловлены способностью некротрофных патогенов к образованию фитотоксинов, которые оказывают косвенное действие на членистоногих, или микотоксинов, которые проявляют инсектицидные свойства. В данной работе определяли действие экстрактов из жидких и твердофазных культур четырех некротрофных патогенов пшеницы на обыкновенную злаковую тлю. В качестве объектов исследования были выбраны следующие фитопатогенные грибы: *Bipolaris sorokiniana* Sacc., *Gibellina cerealis* Pass., *Pyrenophora tritici-repentis* Died. и *Stagonospora nodorum* Berk.

Грибы культивировали на синтетической (Чапека с витаминами, далее – ЧАВ), полусинтетической (ДМГ) жидких питательных средах и сыпучем субстрате (перловая крупа). Из культур грибов получали экстракты и анализировали их методом ВЭЖХ. Инсектицидную активность экстрактов оценивали в отношении обыкновенной злаковой тли *Schizaphis graminum*. Оценку фитотоксичекой активности провели на поврежденных и неповрежденных листовых отрезках пшеницы сорта Саратовская 29.

В зависимости от состава субстрата и экстрагента, экстракты проявляли различную степень фитотоксической и инсектицидной активностей. При тестировании экстрактов *B. sorokiniana* на инсектицидную активность, наблюдалась гибель от 22 до 94% насекомых по сравнению с контролем. Экстракты из культур *G. cerealis* вызывали гибель от 19 до 93% особей насекомых. Максимальную инсектицидную активность (на уровне 82–100% гибели тли) проявили экстракты из культур *S. nodorum*. У *P. tritici-repentis* инсектицидной активностью обладали только 2 экстракта: этилацетатный экстракт из мицелия жидкой культуры на ЧАВ и экстракт из колонизированного зернового субстрата.

Большинство экстрактов из культур изученных фитопатогенов проявили фитотоксическую активность только на поврежденных листьях пшеницы. При этом, корреляции между фитотоксичностью экстрактов и их инсектицидной активностью не обнаружили, что может свидетельствовать о прямом инсектицидном действии метаболитов изучаемых грибов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 17-04-01445).

Insecticide activity of some wheat pathogen extracts

Grigoryeva E.N.[1,2], Petrova M.O.[1], Berestetsky A.O.[1]

[1] Saint-Petersburg State Technological Institute (Technical University), Saint Petersburg, Russia;

[2] All-Russian Institute of Plant Protection of the Russian Academy of Sciences, Pushkin, Saint Petersburg, Russia

The main danger for wheat is insect pests and diseases caused by phytopathogenic fungi. The mechanism of antagonistic relations between fungi and insects can be conditioned by compounds that can exhibit insecticidal properties.

In this paper, the effect of extracts from liquid and solid phase cultures of four necrotrophic wheat pathogens on common cereal aphids was determined. The following phytopathogenic fungi were selected as the study subjects: *Bipolaris sorokiniana* Sacc., *Gibellina cerealis* Pass., *Pyrenophora tritici-repentis* Died. and *Stagonospora nodorum* Berk.

The methods used included surface cultivation on synthetic (modified Czapek media or Cz), semisynthetic (YMG) and natural (pearl barley) media, extraction in solid-liquid and liquid-liquid systems, biological assessment and

chromatography (UPLC). At the end of the cultivation we obtained twenty-four extracts. The insecticidal activity of the obtained fungal extracts was assessed against common cereal aphid *Schizaphis graminum*. Phytotoxic activity was evaluated on damaged and undamaged leaf segments wheat of Saratovskaya 29.

Depending on the composition of the substrate and the extractant, the extracts of the fungi exhibited varying level of phytotoxic activity and varying insecticidal activity against aphid. When testing *B. sorokiniana* extracts for insecticidal activity, from 22% to 94% of aphid population was killed. Extracts from *G. cerealis* cultures caused death of 19% to 93% of insects. Extracts from *S. nodorum* cultures showed high insecticidal activity at the level of (82-100)% of the aphid population. Only 2 extracts of P. tritici-repentis manifested insecticidal activity, the ethyl acetate extract from the liquid culture mycelium on Cz and the extract from the colonized cereal substrate.

Most of the extracts from the cultures of the studied phytopathogens showed phytotoxic activity only on damaged wheat leaves. In this case, no correlation between the phytotoxicity of extracts and their insecticidal activity was found, which may indicate direct insecticidal action or detrimental activity of the metabolites of the fungi studied.

This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research (Project No. 17-04-01445).

Роль полиаминов в процессе формирования симбиотического клубенька гороха посевного (*Pisum sativum* L.)

Грицкевич В.С., Иванова К.А., Цыганов В.Е.
Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии, Пушкин, Санкт-Петербург, Россия
gritskevichvs@bk.ru

Путресцин, спермидин и спермин – основные полиамины в растениях. Синтез путресцина может осуществляться в реакциях, катализируемых аргининдекарбоксилазой (АДК) или орнитиндекарбоксилазой (ОДК). Биосинтез спермидина и спермина из путресцина катализируется спермидинсинтазой и сперминсинтазой, соответственно.

Симбиотические клубеньки характеризуются повышенным уровнем полиаминов по сравнению с другими органами. Было оценено влияние обработки полиаминами на развитие клубеньков гороха и проанализированы уровни экспрессии генов, кодирующих ферменты синтеза полиаминов: АДК – *PsADC*, ОДК – *PsODC, SAMDC* – S-аденозилметиониндекарбоксилаза, *SPDSYN1* и *SPDSYN2* – спермидинсинтазы, в клубеньках через 2 и 3 недели после инокуляции. Были использованы линия гороха дикого типа SGE и мутантные линии по генам *sym33-2*, *sym33-3* и *sym40*.

У растений дикого типа после обработки полиаминами наблюдалось увеличение средней массы клубенька по сравнению с контролем.

В клубеньках SGE уровень экспрессии гена *PsADC* был выше, чем *PsODC*, что указывает на то, что путресцин синтезируется в основном через АДК-путь. У мутанта по гену *sym40*, характеризующегося накоплением H_2O_2 в неэффективных клубеньках, экспрессия *PsADC* выше, чем у SGE на всех сроках. В то же время, только у мутанта по гену *sym33-3*, где нет выхода бактерий в цитоплазму растительной клетки, на 2 неделях после инокуляции наиболее интенсивно экспрессируется *PsODC*. Экспрессия гена *SPDSYN2* снижается с возрастом во всех исследуемых вариантах, тогда как экспрессия *SPDSYN1* у мутанта по гену *sym40*с возрастом не изменяется, а у *sym33-3*– увеличивается. Таким образом, показана роль полиаминов в функционировании клубеньков гороха.

Работа поддержана грантом РНФ (17-76-30016).

Polyamines in the development of garden pea symbiotic nodule

Gritskevich V.S., Ivanova K.A., Tsyganov V.E.
All-Russia Research Institute for Agricultural Microbiology, Pushkin, Saint Petersburg, Russia

Putrescine, spermidine and spermine are the main polyamines in plants. Synthesis of putrescine is catalyzed by arginine decarboxylase (ADC) or ornithine decarboxylase (ODC). The biosynthesis of spermidine and spermine from putrescine is catalyzed by spermidine synthase and spermine synthase, respectively.

Symbiotic nodules are characterized by an elevated level of polyamines compared to other plant organs. The effect of polyamines treatment on the development of pea nodules was studied and the expression levels of genes encoding the enzymes for the synthesis of polyamines: ADC – *PsADC*, ODC –*PsODC, SAMDC*– S-adenosylmethionine decarboxylase, *SPDSYN1* and *SPDSYN2* – spermidine synthases, were analyzed at 2 and 3 weeks after inoculation. Plants of the wild type SGE and mutant lines *sym33-2*, *sym33-3*, *sym40* were used.

The average weight of the wild type nodule of polyamine-treated plants was higher in comparison with the control plants.

In wild type nodules of line SGE the expression level of the *PsADC* was higher than *PsODC*, indicating that putrescine is mainly synthesized through the ADC pathway. In ineffective nodules of the mutant line*sym40*, characterized by the accumulation of H_2O_2, the level of *PsADC* expression was higher than that inline SGE at all terms. At the same time, only in nodules of the mutant line *sym33-3*, characterized by the absence of bacterial release into the plant cell cytoplasm, the highest expression level of*PsODC*at2 weeks after inoculation was observed. The level of the *SPDSYN2* gene expression decreased with nodule aging in all variants, whereas the expression of *SPDSYN1* in nodules of the mutant line*sym40* did not change and was increased in *sym33-3*.

This work was financially supported by RSF (17-76-30016).

Фитотоксические метаболиты гриба *Stagonospora cirsii* S-47 – патогена осота полевого

Далинова А.А.[1], Дубовик В.Р.[2], Берестецкий А.О.[1]
[1] Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург, Россия;
[2] Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, Высшая школа технологии и энергетики, Санкт-Петербург, Россия
adalinova@vizr.spb.ru

Фитопатогенный гриб *Stagonospora cirsii* Davis известен как продуцент фитотоксичных 10-членных лактонов (стагонолидов А и Н). Малоизученный штамм S-47 *S. cirsii*, выделенный из пораженных листьев осота полевого, рассматривается в качестве биогербицида для борьбы с этим сорным растением. Фитотоксины *S. cirsii* представляют интерес как прообразы химических гербицидов и как возможные факторы вирулентности, обеспечивающие эффективность биогербицида. Цель работы заключалась в выделении и характеристике фитотоксических метаболитов из жидкофазной и твердофазной культур *S. cirsii* S-47.

Гриб культивировали на жидкой среде Чапека и на автоклавированной пшенной крупе. Метаболиты гриба из культурального фильтрата (КФ) извлекали методом жидкость-жидкостной экстракции хлористым метиленом. Метаболиты из твердофазной культуры (ТвК) гриба экстрагировали 50% водным ацетоном, после упаривания ацетона водную фазу экстрагировали гексаном, хлористым метиленом и этилацетатом. Экстракты фракционировали методами колоночной хроматографии. Фитотоксическую активность экстрактов и индивидуальных соединений оценивали методом листовых дисков на осоте полевом.

Наибольшую фитотоксическую активность проявил экстракт из КФ гриба и гексановый экстракт из ТвК *S. cirsii* S-47. Мажорный компонент экстракта из КФ *S. cirsii* S-47 был получен с выходом около 70 мг/л и идентифицирован как известный фитотоксин стагонолид А. В экстрактах из ТвК стагонолид А не был обнаружен. Из гексанового экстракта ТвК было выделено соединение с выходом 30 мг/кг, проявившее фитотоксическую активность в концентрации 2 мг/мл. Максимум поглощения в его УФ-спектре составляет 291 нм, вещества с таким УФ-спектром ранее не были выделены из *S. cirsii*. В дальнейшей работе его структура будет установлена с использованием методов масс- и ЯМР-спектроскопии.

Таким образом, *S. cirsii* S-47 может служить источником как известных, так и неизученных фитотоксических соединений, которые могут представлять интерес как потенциальные действующие вещества гербицидов.

Работа выполнена при поддержке РНФ (проект № 16-16-00085).

Phytotoxic metabolites of *Stagonospora cirsii* S-47, sowthisle pathogen

Dalinova A.A.[1], Dubovik V.R.[2], Berestetsky A.O. [1]
[1] All-Russian Institute of Plant Protection of the Russian Academy of Sciences, Pushkin, Saint Petersburg, Russia;
[2] St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, Higher School of Technology and Energy, Saint Petersburg, Russia

Phytopathogenic fungus *Stagonospora cirsii* Davis is known to produce phytotoxic ten-membered lactones (stagonolides A and H). The little-studied strain S-47 *S. cirsii* was isolated from deseased leaves of sowthisle and evaluated as a potential bioherbicide for controlling this weed. Phytotoxins of *S. cirsii* can be interesting as prototypes of chemical herbicides and as virulence factors, providing the effectiveness of the bioherbicide. The aim of this research work was to isolate and characterize the phytotoxic metabolites of *S. cirsii* S-47 liquid and solid cultures.

The fungus was cultivated on liquid Czapek media and autoclaved millet. Fungal metabolites from the culture filtrate were extracted using methylene chloride. Metabolites from the solid culture were extracted using acetone-water (50:50). After acetone evaporation the water phase was extracted using hexane, methylene chloride and ethyl acetate. The extracts were fractionated by column chromatography. For assessment of phytotoxic activity of extracts and individual compounds, the leaf discs method was used on sowthisle.

The extract from the culture filtrate and the hexane extract of *S. cirsii* S-47 solid culture displayed the most potent phytotoxic activity. The major component of the culture filtrate extract was obtained with the yield of 70 mg/L and was identified as the already known phytotoxin stagonolide A. At the same time, stagonolide A wasn't detected in the solid cultures extrcats of the fungus. From the hexane extract of the solid culture, the phytotoxic compound was isolated with the yield of 30 mg/kg. The absorbtion maximum in UV spectra of this compound was 291 nm; compounds with such spectrum had never before been isolated from *S. cirsii.* In our further work we are planning to identify the structure of the isolated compound using mass- and NMR-spectroscopy.

S. cirsii S-47 cultures can be the source of both known and previously unstudied phytotoxic compounds, which can be of interest as potential active agents of herbicides.

Research work was supported by RSF (project № 16-16-00085).

Роль хлорофилла *b* в формировании плазмодесм и регуляции цветения у *Hordeum vulgare* и *Arabidopsis thaliana*

Дмитриева В.А.[1], Тютерева Е.В.[1], Иванова А.Н.[1,2], Добрякова К.С.[1], Евкайкина А.И.[1], Войцеховская О.В. [1]
[1] Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;
[2] Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
VDmitrieva@binran.ru

Хлорофилл *b* играет важнейшую роль в жизни растений, однако до сих пор некоторые его функции остаются неисследованными. К мутантам, неспособным к синтезу данного пигмента, относятся мутанты по гену *CAO*, кодирующему хлорофиллид-*a*-оксигеназу: *ch*1 *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. и *clo-f*2 *Hordeum vulgare* L. Они характеризуются множеством различных нарушений, в том числе у этих растений формируется неполная фотосинтетическая антенна. Дефекты антенны, в свою очередь, приводят к повышенной продукции активных форм кислорода; мы показали, что в особенности возрастает содержание синглетного кислорода. Кроме того, известно, что мутанты без хлорофилла *b* позже переходят к цветению, хотя точные механизмы, вызывающие задержку цветения, остаются неизвестными.

Целью данной работы стало изучение влияния отсутствия хлорофилла *b* на регуляцию цветения у *Arabidopsis thaliana* и *Hordeum vulgare*. Мы показали, что в листьях таких мутантов изменен окислительно-восстановительный статус, увеличено содержание аскорбата, а в листьях мутантов *clo-f*2 *Hordeum vulgare* также повышен уровень окисленности белков. Мы также впервые показали, что у мутантов без хлорофилла *b* изменено количество плазмодесм, что может быть связано с повышенной продукцией АФК. Наши данные позволили нам предположить, что, поскольку многие факторы, участвующие в регуляции развития, транспортируются по симпласту, изменение количества плазмодесм у исследуемых мутантов может и быть причиной задержки цветения. Кроме того, мы показали, что у мутантов без хлорофилла *b* изменена фитохромная регуляция, что также имеет ключевое значение для времени перехода к цветению.

В докладе будут представлены результаты, свидетельствующие в пользу нашей гипотезы, объясняющей задержку цветения у мутантов без хлорофилла *b*.

Исследования поддержаны РНФ (грант №14-16-00120-П). Использовалось оборудование ЦКП «Клеточные и молекулярные технологии изучения растений и грибов» БИН РАН и Ресурсного центра «Развитие молекулярных и клеточных технологий» СПбГУ.

The role of chlorophyll *b* in the formation of plasmodesmata and flowering regulation in *Hordeum vulgare* and *Arabidopsis thaliana*

Dmitrieva V.A.[1], Tyutereva E.V.[1], Ivanova A.N.[1,2], Dobryakova K.S.[1], Evkaikina A.I.[1], Voitsekhovskaja O.V.[1]
[1] Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia;
[2] St. Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

Chlorophyll *b* plays an important role in photosynthesis; however functions of this pigment beyond chloroplasts remain thus far unexplored. The *ch*1 mutant of *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. and the *clo-f*2 mutant of *Hordeum vulgare* L. are unable to synthesize chlorophyll *b* because of a mutation in the *CAO* gene encoding chlorophyllide-*a*-oxygenase. Such mutants are characterized by a range of abnormalities; in particular, their photosynthetic antenna is incomplete. The deficiency of the antenna causes an increase in the production of reactive oxygen species (ROS): We have shown that especially the levels of singlet oxygen rise in these mutants. Also, chlorophyll *b*-less mutants are known to display delayed transition to flowering, although the underlying mechanisms are obscure.

We have shown that redox status of the leaf cells in chlorophyll *b*-less mutants of *Arabidopsis thaliana* and *Hordeum vulgare* is altered: the levels of ascorbate are increased, and the levels of the protein oxidation are higher than in wild-type plants. Furthermore, the numbers of plasmodesmata between mesophyll cells are also increased in chlorophyll *b*-less mutants, probably due to an increase in ROS production in their leaf cells. Since a number of macromolecular regulators move through symplasmic route, these data enabled us to propose that the reason for the delay of flowering in chlorophyll *b*-less mutants can be the changed numbers of plasmodesmata. We also showed that chlorophyll *b*-less mutants have an altered phytochrome regulation, which is significant for the flowering time too. The results corroborating our hypothesis explaining the retardation of flowering in chlorophyll *b*-less mutants will be presented.

The research was supported by the Russian Science Foundation (№ 14-16-00120-P). The equipment of The Core Facilities Center "Cell and Molecular Technologies in Plant Science" at the Komarov Botanical Institute the Russian Academy of Sciences (St.-Petersburg, Russia) was used.

Изучение межвидового полиморфизма генов 8-цистеиновых гевеиноподобных антимикробных пептидов у диплоидных злаков, родственных пшенице

Дмитриева М.А.[1], Коростылева Т.В.[2], Истомина Е.А.[2], Одинцова Т.И.[2]
[1] Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К.И.Скрябина, Москва, Россия;
[2] Институт общей генетики им. Н.И.Вавилова РАН, Москва, Россия
mariaalekseevna@bk.ru

Ответ растения на воздействие стрессовых факторов внешней среды включает экспрессию защитных антимикробных пептидов (АМП). АМП растений – это короткие, до 100 аминокислотных остатков, положительно заряженные, цистеин-богатые полипептиды, подавляющие рост и развитие широкого круга патогенов. Спектр синтезируемых АМП специфичен для каждого вида растений. Гевеиноподобные пептиды представляют собой особую группу АМП, которые содержат хитин-связывающий сайт и кодируются, как правило, индивидуальными генами в виде предшественника, состоящего из сигнального пептида, области зрелого пептида и С-концевого продомена. Ранее нами было проведено NGS-секвенирование транскриптомов гексаплоидной пшеницы *Triticum kiharae* Dorof. et Migush. В полученных данных биоинформатическими методами выявлено 2 короткие последовательности, кодирующие пептиды с новым для пшеницы 8-цистеиновым мотивом и хитин-связывающим сайтом, названные Tk-Hev1 и Tk-Hev2.

Цель исследования - выявление последовательностей генов *tk-hev1* и *tk-hev2* в геномах близкородственных пшенице диплоидных видов родов Aegilops и Agropyron.

ДНК выделяли из растений 11 видов рода Aegilops и 1 вида Agropyron. Далее проводилась ПЦР-амплификация с праймерами, подобранными к концам обнаруженных последовательностей транскриптов, и геномной ДНК в качестве матрицы. Методом ПЦР-анализа и последующего секвенирования кандидатных ампликонов было найдено 12 нуклеотидных последовательностей, с высокой степенью гомологии с изучаемыми генами. Последовательности гомологичные Tk-Hev1 были обнаружены у видов *Aegilops searsii* (геном S^sS^s) и *Aegilops caudata* (CC), они отличались заменами в области С-концевого продомена. Последовательности гомологичные Tk-Hev2 найдены у *Agropyron bessarabicum* (JJ), *Ae. comosa* (MM), *Ae. helderichii* (M^n M^n), *Ae. mutica* (TT), *Ae. sharanensis* (S^{sh} S^{sh}), *Ae. ausherii* (SS), *Ae. taushii* (DD), *Ae. umbellulata* (UU), *Ae. uniaristata* (NN).

Таким образом, нами было подтверждено наличие генов-гомологов *tk-hev1* и *tk-hev2* у родственных пшенице видов *Aegilops* и *Agropyron*, и выявлен высокий консерватизм структуры предшественников 8-цистеиновых гевеиноподобных АМП, что свидетельствует об их функциональной значимости.

8-cysteine hevein-like antimicrobial peptides genes intraspecific polymorphism in diploid cereals related to wheat

Dmitrieva M.A.[1], Korostyleva T.V.[2], Istomina E.A.[2], Odintsova T.I.[2]
[1] Skryabin Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology, Moscow, Russia
[2] Vavilov Institute of General Genetics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Plant response to environmental stress factors involves expression of antimicrobial peptides (AMP), which are short (up to 100 aa), positively charged, cysteine-rich polypeptides able to suppress growth and development of a wide pathogen range. AMP spectrum is specific for each plant species. Hevein-like peptides are a special group of AMPs that contain chitin-bonding sites and are encoded by individual genes as precursors containing the signal peptide, the mature peptide region and the C-terminal prodomain. Hexaploid wheat *Triticum kiharae* Dorof. et Migush transcriptom NGS- sequencing was performed by us earlier. Using the bioinformatics methods, 2 short sequences were discovered in the data collected, encoding peptides with a motive and chitin-bonding site novel for wheat 8-cysteine. These peptides were named Tk-Hev1 and Tk-hev2.

The aim of this study was to discover Tk-Hev1 and Tk-hev2 sequences in Aegilops and Agropyron genomes related to wheat diploid cereal genera.

The DNA was collected from 11 species of Aegilops genus and 1 species of Agropyron genus. PCR-amplification was performed with primers that matched the ends of discovered transcripts and genomic DNA as a matrix. By PCR analysis and following sequencing of the candidate amplicons, 12 nucleotide sequences were found with high homology level to the studied genes. Homology to Tk-Hev1 was found in *Aegilops searsii* (genome S^sS^s) and *Aegilops caudata* (CC), sequences differing by the substitution in C-terminal domain. Homology to Tk-hev2 was found in *Agropyron bessarabicum* (JJ), *Ae. comosa* (MM), *Ae. helderichii* (M^n M^n), *Ae. mutica* (TT), *Ae. sharanensis* (S^{sh} S^{sh}), *Ae. ausherii* (SS), *Ae. taushii* (DD), *Ae. umbellulata* (UU), and *Ae. uniaristata* (NN).

Thus we confirmed the presence of homological genes *tk-hev1* and *tk-hev2* in *Aegilops* and *Agropyron* species and discovered a high level of structural conservatism of 8-cystein hevein-like AMP precursors, which indicates their functional significance.

Мутация в гене, кодирующем фермент биосинтеза хлорофилла *b*, приводит к изменениям экспрессии генов фитохромов (*HvPhyA*, *HvPhyB*, *HvPhyC*) и «флоригена» *HvFT* (Flowering locus T) в онтогенезе *Hordeum vulgare* L.

Добрякова К.С., Дмитриева В.А., Тютерева Е.В., Войцеховская О.В.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
kdobryakova@binran.ru

Методом количественной ПЦР в режиме реального времени были исследованы уровни экспрессии генов, вовлеченных в регуляцию онтогенеза у *Hordeum vulgare* L. Изучали растения дикого типа (сорт Donaria) и мутанты *chlorina f2 3613* данного сорта с делецией в гене, кодирующем фермент биосинтеза хлорофилла *b* CAO. Растения выращивали в оранжерее при освещенности 50% от уровня естественной инсоляции в течение онтогенеза начиная со стадии проростков. В листьях в нескольких точках онтогенеза было проведено исследование экспрессии генов

HvPhyA, *HvPhyB*, *HvPhyC* и *HvFT*, кодирующих регуляторы онтогенеза – фитохромы, и белок-«флориген» Flowering locus T, соответственно. Через 3 недели после прорастания семян в листьях всех исследовавшихся растений уровни экспрессии фитохромов были одинаково невысокими, а экспрессия *HvFT* не детектировалась. На 5 неделе вегетации (непосредственно перед цветением) у растений дикого типа в несколько раз возрастали уровни экспрессии *HvPhyB* и *HvPhyC* (положительные регуляторы цветения у ячменя). Это коррелировало с резким возрастанием экспрессии *HvFT* и началом цветения. Примечательно, что у части растений мутанта *chlorina f2 3613* в это время сильно возрастала экспрессия *HvPhyA*, что отличало эти растения от других групп. В дальнейшем у таких растений возрастала и экспрессия *HvFT*, и только эти растения из группы мутантных растений переходили к цветению, хотя и на неделю позже, чем растения дикого типа. Мутантные растения, в которых не наблюдалась экспрессия *HvPhyA*, отличались задержкой цветения на несколько недель по сравнению с диким типом.

Исследования поддержаны РНФ (грант №14-16-00120-П).

A mutation in the gene encoding the enzyme synthesizing chlorophyll *b* leads to changes in the expression of the phytochromes (*HvPhyA, HvPhyB, HvPhyC*) and "florigen" *HvFT* (Flowering locus T) genes in the ontogenesis of *Hordeum vulgare* L.

Dobryakova K.S., Dmitrieva V.A., Tyutereva E.V., Voitsekhovskaja O.V.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

We investigated the expression levels of genes involved in the regulation of ontogeny of *Hordeum vulgare* L. using quantitative real-time PCR. Wild plants and the mutant *chlorina f2 3613* that carries a deletion in the gene encoding the *enzyme* of *chlorophyll b biosynthesis* (*CAO*) were studied. Plants were grown in a greenhouse at illumination of 50% of the level of natural insolation during ontogenesis beginning from the seedling stage. In leaves at several stages of development, the expression of the regulatory genes *HvPhyA*, *HvPhyB*, *HvPhyC* (encoding phytochromes) and *HvFT* (encoding Flowering locus T protein) was studied. 3 weeks after seed germination, the levels of expression of phytochromes in leaves of all plants were equally low, while *HvFT* gene expression was not detected at all. 5 weeks after seed germination, expression of the *HvPhyB* and *HvPhyC* genes (positive regulators of flowering in barley) was significantly higher in wild-type plants than in the mutant plants. This correlated with a sharp increase in the expression of *HvFT* and the beginning of flowering in the wild type. Notably, some *chlorina f2 3613* plants showed a strong increase in the expression of *HvPhyA* at this time point. This was followed with an increase in *HvFT* expression in these plants, and transition to flowering, albeit a week later than in the wild-type plants. Mutant plants in which *HvPhyA* expression was not observed showed a delay of flowering of several weeks compared to the wild type.

Financial support of the RSF (grant № 14-16-00120-P) is gratefully acknowledged.

Участвуют ли фитохромы в регуляции симпластного транспорта? Первые опыты.

Домашкина В.В., Дмитриева В.А., Тютерева Е.В., Войцеховская О.В.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
VDomashkina@binran.ru

У растений *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. известно пять различных фитохромов – PhyA, PhyB, PhyC, PhyD и PhyE, из них особый интерес представляют PhyA и PhyB, поскольку они играют ключевую роль в регуляции цветения. Цветение – сложный процесс, контроль которого обеспечивается совокупностью множества факторов. Известно, что у *Arabidopsis thaliana* PhyB – ингибитор цветения – осуществляет регуляцию цветения и других функций системно, т.е. посредством сигналов, распространяющихся из клетки в клетку, возможно, по плазмодесмам. На мутантах *ch*1 *Arabidopsis thaliana* по гену хлорофиллид-*a*-оксигеназы, неспособных к синтезу хлорофилла *b*, нами было показано, что время перехода к цветению коррелирует с изменением количества плазмодесм между клетками мезофилла листа и их пропускной способностью. Целью данной работы стало изучение взаимосвязи фитохромной регуляции и функциональной активности плазмодесм.

Для исследования были выбраны растения дикого типа, а также мутанты-нокауты *phy*A, *phy*B и *ch*1. У данных растений мы исследовали характер распространения флуоресцентного симпластного трейсера между клетками листа при нормальном освещении, а также после воздействия дальним красным светом (FR), который специфично инактивирует PhyB. Использовали метод DANS (Drop-ANd-See). В докладе будут обсуждаться результаты, показывающие, влияет ли наличие или отсутствие фитохромов PhyA и PhyB у *Arabidopsis thaliana* на уровень симпластного транспорта.

Исследования поддержаны РФФИ №18-34-00821.

Do Phytochromes take part in the regulation of symplasmic transport? First insights.

Domashkina V.V., Dmitrieva V.A., Tyutereva E.V., Voitsekhovskaja O.V.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

Arabidopsis thaliana (L.) Heynh. is known to have five different phytochromes – PhyA, PhyB, PhyC, PhyD and PhyE; the most interesting are PhyA and PhyB since they play a crucial role in the regulation of flowering. Flowering is a complicate process which is controlled by a variety of factors. It was shown that an inhibitor of flowering in *Arabidopsis*

thaliana, PhyB, takes part in the regulation of flowering and of several other processes systemically, that is, by the means of signals spreading from cell to cell, most likely via plasmodesmata. Using *Arabidopsis thaliana* mutants impaired in chlorophyllide-*a*-oxygenase *ch*1 and therefore unable to synthesize chlorophyll *b*, we have shown that the time of floral transition correlates with alterations in the numbers of and permeability plasmodesmata between mesophyll cells. The aim of the present work is to study the relationship between phytochromic regulation and the functionality of plasmodesmata. For this research, wild type plants and knockout mutants *phy*A, *phy*B and *ch*1 were chosen. In these plants, we have assessed specificity of spreading of a fluorescent symplasmic tracer between leaf cells under normal light condition and after treatment with far red light (FR) which specifically inactivates PhyB. We have applied DANS method (Drop-ANd-See). In this report we will discuss the results and gain the first insights into how the presence or absence of phytochromes PhyA and PhyB in *Arabidopsis thaliana* affects the level of symplasmic transport.

The research is supported by RFBR №18-34-00821.

Изучение молекулярных механизмов заложения микрофилльных листьев в апикальной меристеме побега *Huperzia selago* (L.) Bernh. ex Schrank et Mart. (Lycopodiophyta)

Евкайкина А.И.[1], Berke L.[4], Романова М.А.[2], Proux-Wéra E. [3], Иванова А.Н.[1,2], Rydin C.[3], Pawlowski K.[3], Войцеховская О.В.[1]

[1] Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;
[2] Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;
[3] Stockholm University, Sweden; [4] Wageningen University, the Netherlands
aevkaikina@binran.ru

Плаунообразные (Lycopodiophyta) – эволюционно наиболее древние растения среди ныне существующих сосудистых растений – отличаются от них тем, что формируют микрофилльные листья. Кроме того, отличительной чертой Lycopodiophyta является структурное разнообразие типов апикальных меристем побега (АМП): представители порядка Selaginellales обладают моноплексной АМП, в то время как плаунообразные порядка Lycopodiales обладают симплексной АМП, сходной с АМП семенных растений. У всех сосудистых растений листья, как макрофилльной, так и микрофилльной линий эволюции, возникают в периферической зоне АМП. Молекулярно-генетические механизмы образования листьев наиболее изучены у цветковых растений, где заложение листа определяется антагонистическими взаимодействиями транскрипционных факторов (ТФ) – маркеров АМП - KNOX, и “листовых” маркеров – ТФ ARP и YABBY. Поскольку в геноме единственного секвенированного высшего спорового растения – *Selaginella moelendorfii*, – присутствуют гомологи *ARP* и отсутствуют гомологи *YABBY*, то сформировалась точка зрения о том, что гены *YABBY* являются уникальными для семенных растений. С целью поиска генов, ответственных за формирование микрофилльного листа в АМП симплексного типа, мы провели секвенирование и анализ транскриптома кончиков побега представителя Lycopodiales *Huperzia selago* . В апексах побегов *Huperzia selago* мы выявили экспрессию гена из семейства *YABBY* – *HsYABBY* – и отсутствие экспрессии генов из семейства *ARP*. Филогенетический анализ показал, что ген *HsYABBY* является сестринским по отношению к генам *YABBY* семенных растений. Таким образом, гены *YABBY*, вероятно, появились еще у общего предка всех высших растений. Исследование тканевой локализации *HsYABBY* в АМП *Huperzia selago* и сопоставление с паттерном экспрессии *ARP Selaginella kraussiana*, известного по литературным данным, показывает, что для развития микрофилльного листа плаунообразных не требуется совместная активность генов *ARP* и *YABBY*.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (17-04-00837) и государственной темы 0126-2016-0001 БИН РАН. Использовалось оборудование ЦКП «Клеточные и молекулярные технологии изучения растений и грибов» БИН РАН.

The study of microphylls formation molecular mechanisms within the *Huperzia selago* (L.) Bernh. ex Schrank et Mart. (Lycopodiophyta) shoot apical meristem

Evkaikina A.I.[1], Berke L.[4], Romanova M.A.[2], Proux-Wéra E.[3], Ivanova A.N.[1,2], Rydin C.[3], Pawlowski K.[3], Voitsekhovskaja O.V.[1]

[1] Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia;
[2] St. Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia;
[3] Stockholm University, Sweden; [4] Wageningen University, the Netherlands

The Lycopodiophyta represent the oldest lineage among the extant vascular plants. They represent a sister group to all other vascular plants, from which they differ in that their leaves are microphylls, not megaphylls. Different subgroups of the Lycopodiophyta are distinguished by their type of shoot apical meristem (SAM): the representatives of Selaginellales possess monoplex SAMs and those from Lycopodiales simplex SAMs. The simplex lycopod SAM resembles the SAM of seed plants. In vascular plants, both microphylls and megaphylls emerge within the peripheral zone of the SAM. Molecular-genetic mechanisms of leaf formation have been thoroughly studied among the Magnoliophyta, where leaf initiation is determined by the antagonism between the KNOX transcription factors (TF), which determine cell fate indeterminancy, and the transcription factors ARP and YABBY which are responsible for determinacy and thus required for the identification of leaf primordium founder cells. Since in the only lycopod genome available, of *Selaginella*

moellendorffii, *ARP* homologs are present and *YABBY* homologs are absent, it has been postulated that *YABBY* genes are unique to seed plants. We generated a shoot tip transcriptome of *Huperzia selago* (Lycopodiales) to examine the genes involved in microphyll leaf formation in the simpex SAM. We discovered the presence of *HsYABBY* expression and the absence of any *ARP* gene expression activity in *H. selago* shoot tips. Phylogenetic analysis showed that *HsYABBY* gene is a sister to YABBY proteins from euphyllophytes. Thus, *YABBY* genes have been appeared in the last common ancestor of vascular plants. Localization of *HsYABBY* transcripts in the *H. selago* SAM and the comparison with the expression pattern of *ARP* in the monoplex SAM of *Selaginella kraussiana* based on literature data showed that the development of microphylls does not require the combined activities of *ARP* and *YABBY*.

This work was financially supported by the Russian Science Foundation (17-04-00837) and the Ministry of Education and Sciences of the Russian Federation (0126-2016-0001). The equipment of The Core Facilities Center "Cell and Molecular Technologies in Plant Science" at the Komarov Botanical Institute the Russian Academy of Sciences was used.

Биосинтез биологически активных соединений с противовирусной активностью в культуре «бородатых корней» *Nitraria schoberi* L.

Железниченко Т.В.[1], Новикова Т.В.[1], Банаев Е.В.[1], Асбаганов С.В.[1], Воронкова М.С.[1], Кукушкина Т.А.[1], Мазуркова Н.А.[2], Филиппова Е.И.[2]

[1] Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск, Россия;

[2] Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор», Кольцово, Россия

zhelez05@mail.ru

Виды рода *Nitraria* характеризуются антимикробной, фунгицидной и противовоспалительной активностями, но использование их как лекарственных растений ограничено в связи с особенностями их биологии. Для получения лекарственного сырья требуется применение биотехнологических подходов.

Культуры «бородатых» корней селитрянки Шобера (*Nitraria schoberi* L.) получали путем агробактериальной трансформации частей стерильных проростков, штаммами: A4-RT; R-1601; 8196-RT; 15834 SWISS *A. rhizogenes*. Полученные корни культивировали в жидких питательных средах BDS без регуляторов роста. Статус культуры подтверждали ПЦР анализом. Уровень содержания флавонолов, танинов, пектинов, протопектинов и сапонинов оценивали спектрофотометрическими методами. Качественный и количественный состав катехинов исследовали методом ВЭЖХ. Контролем для фитохимических исследований служили корни природных не подверженных агробактериальной трансформации растений. Цитотоксичность и противовирусную активность в отношении вируса гриппа А субтипов H3N2 и H5N1 определяли на культуре MDCK и лабораторных мышах.

Корни формировались при использовании всех штаммов агробактерий, наличие в них *rol*-генов свидетельствовало об успешной агротрансформации. Уровень содержания всех исследуемых метаболитов в культурах генетически модифицированных корней значительно превышал уровень тех же соединений в контрольных образцах. В экстрактах «бородатых» корней обнаружено 13 соединений катехиновой природы. Идентифицировали галловую кислоту, ±-катехин, L-эпикатехин. Показано, что экстракты культуры «бородатых корней» *N. schoberi* в концентрации ≤ 0,01 мг/мл не вызывали токсического действия на клеточную культуру MDCK и обладали противовирусной активностью в отношении вируса гриппа А человека субтипа H3N2 и высокопатогенного вируса гриппа птиц субтипа H5N1 в концентрации не менее 0,01 мг/мл в культуре клеток MDCK и в концентрации не менее 1,0 мг/мл в модели экспериментальной гриппозной инфекции у мышей.

Production of antiviral substances in *Nitraria schoberi* L. hairy root culture

Zheleznichenko T.V.[1], Novikova T.I.[1], Banaev E.V.[1], Asbaganov S.V.[1], Voronkova M.S.[1], Kukushkina T.A.[1], Mazurkova N.A.[2], Filippova E.I.[2]

[1] Central Siberian Botanical Garden of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia;

[2] State Research Center of Virology and Biotechnology "Vector", Koltsovo, Russia

Nitraria genus species are characterized by antimicrobial, fungicidal and anti-inflammatory effect, but their use as medicinal plants is limited due to the special features of their biology. To obtain medicinal raw materials, biotechnological approaches are required.

Hairy roots of *Nitraria schoberi* L. were obtained by agrobacterial transformation of sterile seedling parts using *A. rhizogenes* straines A4-RT, R-1601, 8196-RT, 15834 SWISS. The developed hairy roots were transferred to hormone-free BDS liquid media. To prove the transformed nature of hairy root culture, PCR-analysis was used. Analysis of flavonols, tannins, pectins, protopectins, and saponins content of hairy roots was performed by spectrophotometric methods. The quantitative and qualitative compositions of catechins was studied using HPLC methods. The roots of the natural plants were used as control samples in phytochemical analysis. Cytotoxicity and antiviral activity against A influenza virus of H3N2 and H5N1 subtypes were determined on MDCK culture and laboratory mice. Hairy roots were formed when using all strains of agrobacteria. The presence of rol-genes in hairy roots was the evidence of successful agrotransformation. Biochemical study showed that the content of metabolites in hairy roots was considerably higher than that in the same components of the controls. In hairy roots, 13 compounds of catechin nature were found. Gallic acid, ± catechin, and L-epicatechin were identified. It was found that hairy roots extracts under study in the concentration of ≤ 0.01

mg / ml did not produce any toxic effects on the MDCK cell culture. They were also shown to manifest antiviral activity against human A influenza virus of H3N2 subtype and the highly pathogenic avian influenza virus of H5N1 subtype at the minimum concentration of 0.01 mg/ml in the MDCK cell culture and 1.0 mg/ml in the experimental influenza infection model in mice.

Продолжительность митотического цикла в корнях однодольных и двудольных

Жуковская Н.В., Иванов В.Б.
Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН, Москва, Россия
nataliazhukovskaya@mail.ru

Рост корней происходит за счет деления клеток в меристеме и роста их растяжением. До сих пор не установлено, от чего зависит продолжительность митотического цикла (Т) – одного из факторов, определяющих скорость деления клеток. Целью нашей работы было определение продолжительности митотического цикла в корнях разных видов травянистых растений, отличающихся по систематическому положению и гаплоидному содержанию ДНК (C_{val}). Всего были изучено 56 видов однодольных и 62 вида двудольных. Исследованный материал – первичные корни проростков, а также придаточные корни, полученные из луковиц или корневищ.

Величину Т определяли с помощью предложенного нами метода, основанного на измерении длины меристемы (L_m), длин меристематических (l_m) и закончивших рост клеток (l_e), числа клеток в меристеме (N_m) на протяжении продольного ряда коры и скорости роста корней (V) по формуле: $T=\ln 2 N_m l_e/V$, где $N_m= L_m/l_m$.

В корнях проростков большинства видов Т при 22 - 24ºС составляет меньше суток. Зависимость Т от C_{val} резко проявляется у видов с C_{val} больше 20 пг. Среди двудольных таких видов практически нет. У однодольных с C_{val} до 20 пг эта зависимость слабая, но резко возрастает с повышением C_{val} (в основном эфемероиды).

Отличия в скоростях роста корней разных видов зависит в большей степени не от различий в длительности митотического цикла, а от различий в числе меристематических клеток. В докладе будут обсуждены различные факторы, от которых зависит длительность митотического цикла и размер меристемы.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Гранта РФФИ № 18-04-00918.

Mitotic cycle duration in the roots of monocots and dicots

Zhukovskaya N.V., Ivanov V.B.
Timiryazev Institute of Plant Physiology of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Root growth is maintained through cell divisions in the meristem and further cell elongation. The duration of the mitotic cycle (T) is one of the factors determining the rate of cell division. However, its dependence on various factors has not been established so far. The aim of this work was to estimate the mitotic cycle duration in the roots of various herbaceous species, differing in their systematic position and haploid DNA content (C_{val}). 56 monocotyledonous and 62 dicotyledonous species were examined. We studied the primary roots of the seedlings and adventitious roots obtained from bulbs or rhizomes.

The T value was calculated after measuring meristem length (L_m), meristematic cell length (l_m), length of fully elongated cells (l_e), counting the number of meristematic cells (N_m) in the cortical cell row and estimating root growth rate (V), using the formula proposed by us: $T = \ln 2 N_m l_e / V$, where $N_m = L_m / l_m$.

The mitotic cycle duration at 22 - 24 ° C is less than a day in the roots of the seedlings of most studied species. The dependence of T on C_{val} appears in the species with C_{val} higher than 20 pg. There are practically no such species among the dicotyledons. In monocotyledons with C_{val} up to 20 pg, T is weakly dependent on C_{val}, but the dependence becomes stronger at high C_{val} values (mainly in ephemeroids).

Differences in the rates of root growth in different species depend to a large extent not on the differences in the duration of the mitotic cycle, but on but on differences in the number of meristematic cells. In the report, various factors on which the mitotic cycle duration and the meristem size depend will be discussed.

The study was partly supported by RFBR grant №18-04-00918.

Культивирование *Hericium erinaceus* (Bull.) Pers. на отходах растениеводства

Злобина Ю.А., Широких А.А.
Вятский государственный университет, Киров, Россия
aleshirokikh@yandex.ru

Ежовик гребенчатый (*Hericium erinaceus*) – ксилотрофный афиллофороидный трутовик, распространенный на Дальнем Востоке. Он является съедобным и лекарственным грибом, широко применяется в народной медицине Китая, Кореи и Японии. В последние годы у *H. erinaceus* были обнаружены метаболиты, способные оказывать нейротрофное, гиполипидемическое, иммуномодулирующее и цитотоксическое (на опухолевые клетки) действие.

Целью наших исследований является разработка производственной технологии выращивания плодовых тел *H. erinaceus* на отходах растениеводства с целью их утилизации. Решаемая на данном этапе задача заключалась в

исследовании микроморфологических особенностей мицелия и формирования плодовых тел при выращивании гриба на растительных субстратах разного состава.

Мицелиальная культура *H. erinaceus* была получена из плодового тела гриба, найденного в Беловежской пуще (Беларусь). Культивирование проводили при 20°С, в стеклянных литровых банках, заполненных питательным субстратом, содержащим дубовые опилки, зерно и солому овса в разных соотношениях. Засев производили посевным мицелием в количестве 1% от веса субстрата. Банки укупоривали фольгой. Биомассу плодовых тел и особенности морфологии мицелия учитывали на 30 сутки роста.

Максимальная сухая биомасса плодовых тел (1.89±0.182 г) была собрана в варианте с соотношением компонентов субстрата, равном 10 (дубовые опилки):30 (зерно):60 (солома). При снижении доли зерна на 10% и увеличении доли опилок (10%) выход биомассы плодовых тел снизился на 73%. Повышение доли опилок до 50% не привело к дальнейшему снижению биомассы, а полное исключение зерна из состава субстрата привело к уменьшению грибной биомассы на 83% по сравнению с контролем.

Снижение выхода биомассы плодовых тел сопровождалось изменениями в микроморфологии мицелия. В вариантах с пониженной долей зерна в ростовом субстрате наблюдали более частую вакуолизацию цитоплазмы мицелия и образование в мицелии хламидоспор.

Таким образом, при твёрдофазном культивировании *H. erinaceus* зерно является одним из ключевых компонентов субстрата. Снижение доли зерна, как легко разлагаемого субстрата, по сравнению с опилками и соломой, ведёт к снижению биомассы плодовых тел и развити конидиального спороношения.

Cultivation of *Hericium erinaceus* (Bull.) Pers. on crop waste

Zlobina Yu.A., Shirokikh A.A.
Vyatka State University, Kirov, Russia

Hericium erinaceus is a xylotrophic mushroom, common in the Far East. It is an edible and medicinal mushroom, widely used in the traditional medicine of China, Korea and Japan. However, in the reports on the production of cultivated mushroom species in Japan, China, South Korea, the *H. erinaceus* does not occur, which is due to the lack of a reliable artificial cultivation method of this mushroom.

The aim of our research was to develop industrial technologies for cultivating of *H. erinaceus* fruit bodies on plant waste with the purpose of its utilization. The task was to select the optimal composition of the plant substrate for the yield of the fungal fruit body biomass.

Mycelial culture of *H. erinaceus* was obtained from the fruit body of a mushrooms found in Belovezhskaya Pushcha National Park (Belarus). Cultivation was carried out at the temperature of 20° C, in liter glass vessels filled with a nutrient substrate containing oak sawdust, grain and oat straw in different ratios. The substrate was inoculated with sowing mycelium grown on oat grains, in the amount of 1% of the substrate weight. The glass vessels were then sealed with foil. The biomass of the fruiting bodies and features of the morphology of the mycelium were registered on the 30th day of growth.

The maximum dry biomass of fruit bodies (1.89 ± 0.182 g) was collected in the variant with the substrate component ratio of 10 (oak sawdust): 30 (grain): 60 (straw). With the decrease in the share of grain by 10% and an increase in the share of sawdust (10%), the yield of biomass of fruit bodies decreased by 73%. The increase in the share of sawdust to 50% did not lead to the further decrease in biomass, and the total exclusion of grain from the substrate resulted in the 83% decrease in biomass compared to the control.

The decrease in the yield of the biomass of the fruit bodies was accompanied by changes in the micromorphology of the mycelium. In the variants with reduced fraction of grain in the growth substrate, more frequent vacuolization of the mycelium cytoplasm and formation of chlamydospores in the mycelium were observed.

Thus, in the solid phase cultivation of *H. erinaceus*, grain is one of the key components of the substrate. Reducing the share of grain as an easily degradable substrate, compared to sawdust and straw, leads to a decrease in the biomass of the fetus and the development of conidial sporulation.

Дифференциация криптических видов микромицетов *Beauveria bassiana* и *B. pseudobassiana* на основе анализа их хроматографических профилей

Иванова А.Н., Леднев Г.Р., Первушин А.Л., Берестецкий А.О.
Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Пушкин, Санкт-Петербург, Россия
alena.n.ivanova@yandex.ru

Энтомопатогенные грибы рода *Beauveria* (например, *B. bassiana*) являются продуцентами биоинсектицидов и биологически активных соединений. Морфологически *B. bassiana* мало отличим от *B. pseudobassiana*, однако они различаются между собой филогенетически и по уровню вирулентности. Целью работы являлась разработка методики дифференциации этих видов на основе сравнения выхода экстрактивных веществ, метаболитных профилей и биологической активности их экстрактов.

В работе использовано 8 штаммов *B. bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill., 5 штаммов *B. pseudobassiana* (Rehner et Humber), а также другие штаммы энтомопатогенов в качестве представителей «внешней» группы (*B. caledonica* (Bissett et Widden), *Beauveria* sp., *Metarhizium anisopliae* (Metschn.) Sorokin и *M. robertsii* (J.F. Bisch., Rehner et Humber)). Грибы культивировали на трех типах питательных сред: жидкой (SDAY), агаризованной (с. Чапека с

витаминами) и твердой (пшено) в течение трех недель. Экстракты из культур грибов получали стандартными методами.

В среднем, выход экстрактивных веществ при твердофазной экстракции (ТФЭ) из культурального фильтрата (КФ) грибов, выращенных в жидкой среде, был выше у *B. bassiana*, чем у *B. pseudobassiana.* Продуктивность штаммов *B. bassiana,* культивируемых на зерне, также была выше, чем у *B. pseudobassiana.*

Кластерный анализ качественного состава комплексов метаболитов во всех четырех изученных типах экстрактов позволил выделить как представителей рода *Metarhizium*, так и дифференцировать штаммы *B. bassiana* и *B. pseudobassiana.* При этом нет четкого разделения штаммов *B. bassiana* и *B. pseudobassiana* на основе сравнения ВЭЖХ-паттернов лишь одного типа экстракта. Лучше всего дифференциация видов *Beauveria* spp. была выражена при анализе метаболитных профилей экстрактов из мицелия, выращенного в жидкой культуре SDAY.

Полученные экстракты грибов также различались в проявлении инсектицидной активности на *Galleria mellonella*, что, вероятно, обусловлено наличием и различной концентрацией БАВ. Экстракты из КФ *B. pseudobassiana*, полученные методом ТФЭ, были существенно токсичнее экзометаболитов *B. bassiana.* Однако экстракты из мицелия *B. bassiana* оказались более токсичны, чем эндометаболиты *B. pseudobassiana.*

Differentiation of cryptic species of micromycetes *Beauveria bassiana* and *B. pseudobassiana* based on analysis of their chromatographic profiles

Ivanova A.N., Lednev G.R., Pervushin A.L., Berestetsky A.O.
All-Russian Institute of Plant Protection of the Russian Academy of Sciences, Pushkin, Saint Petersburg, Russia

Entomopathogenic fungi of the genus *Beauveria* (e. g. *B. bassiana*) are producers of bio-insecticides and biologically active compounds. Both species are morphologically similar, but differ phylogenetically and in level of virulence. The aim of our research was to develop a methodology for differentiation of *B. bassiana* and *B. pseudobassiana* species based on a comparison of productivity, metabolite profiles and biological activity of their extracts.

We used 8 strains of *B. bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill., 5 strains of *B. pseudobassiana* (Rehner & Humber), and other strains of entomopathogens as representatives of "external" group (*B. caledonica* (Bissett et Widden), *Beauveria* sp., *Metarhizium anisopliae* (Metschn.) Sorokin and *M. robertsii* (J.F.Bisch., Rehner et Humber)). Fungi were cultivated on three types of nutrient media: liquid (SDAY), agarized (Czapek medium with addition of biotin and thiamine) and solid (millet) for three weeks. The extracts from fungal cultures were obtained using standard methods.

On average, the extracts produced by solid-phase extraction (SPE) from the culture filtrate (CF) of *B. bassiana* strains, grown in liquid media, were more productive than *B. pseudobassiana* extracts. The productivity of *B. bassiana* strains cultivated on millet was also higher than that of *B. pseudobassiana* strains.

Cluster analysis of the qualitative composition of metabolite complexes in all four types of extracts allowed to isolate both representatives of the genus *Metarhizium* and to differentiate strains of *B. bassiana* and *B. pseudobassiana*. There is no clear separation of *B. bassiana* and *B. pseudobassiana* strains by comparing the HPLC-pattern of one type of extract. Best of all, species of *Beauveria* spp. were differentiated in the analysis of metabolic profiles of extracts from mycelium grown in SDAY liquid culture.

The fungal extracts obtained also differed in the expression of insecticidal activity on *Galleria mellonella*, probably due to the presence and various concentrations of BAS. Extracts from the *B. pseudobassiana* CF obtained by the SPE method were significantly more toxic than *B. bassiana* exometabolites. However, extracts from *B. bassiana* mycelium were more toxic than endometabolites of *B. pseudobassiana*.

Особенности реакции растений *Cucumis sativus* L., подвергнутых обработке салициловой кислотой, на низкотемпературные воздействия разной интенсивности

Игнатенко А.А., Репкина Н.С., Таланова В.В.
Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия
angelina911@ya.ru

Салициловая кислота (СК) играет защитную роль при действии на растения различных стресс-факторов, в том числе и низких температур. В данной работе изучали ответную реакцию проростков огурца, обработанных СК (100 мкМ), на действие низкой закаливающей (12ºС) или повреждающей (4ºС) температуры.

Воздействие температуры 12ºС приводило к повышению устойчивости растений, о чем свидетельствует снижение выхода электролитов из клеток листьев. В отличие от этого, при 4ºС выход электролитов значительно возрастал, что указывает на повреждение клеточных мембран, в результате которого холодоустойчивость проростков уменьшалась. Предобработка растений СК за сутки до холодового воздействия снижала выход электролитов в течение всего периода действия температур 12 и 4ºС.

Закаливающая температура 12ºС вызывала небольшое повышение уровня малонового диальдегида (МДА) в листьях, а повреждающая температура 4ºС – его резкое увеличение. У обработанных СК растений уровень МДА снижался.

Под влиянием температуры 12ºС происходило повышение активности антиоксидантных ферментов (супероксиддисмутазы, каталазы, пероксидазы), причем в течение всего периода ее действия. При 4ºС активность этих ферментов первоначально увеличивалась, а в дальнейшем – снижалась. Предобработка растений СК

повышала активность антиоксидантных ферментов в листьях растений при обоих низкотемпературных воздействиях и препятствовала развитию окислительного стресса.

Таким образом, из полученных данных следует, что СК способна усиливать положительное влияние низкой закаливающей температуры на устойчивость растений огурца и вместе с тем она может частично нивелировать негативное действие повреждающей температуры. Предполагается, что ее протекторная роль и в том, и в другом случаях связана с регуляцией активности антиоксидантной системы.

***Cucumis sativus* L. response to low-temperature exposures different intensity at salicylic acid pretreatment**

Ignatenko A.A., Repkina N.S., Talanova V.V.
Institute of biology of the Karelian Research Center of the Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia

Salicylic acid (SA) plays the key role in plants protection under various stressors, including low temperatures. The aim of this study was to investigate the response of cucumber seedlings treated by SA (100 μM) at low hardening (12°C) or damaging (4°C) temperature.

It was shown that plants tolerance increased at 12°C, which was manifested by decreased electrolyte leakage from the leaf cells. In contrast, the electrolyte leakage significantly increased at 4°C, which indicates cell membrane damage causing decrease in cold tolerance. It was observed that the SA pretreatment of plants one day prior to the cold exposure at temperatures 12 and 4°C reduced electrolyte leakage during the whole period.

The hardening temperature of 12°C caused a slight increase in the malondialdehyde (MDA) level in leaves, whereas the damaging temperature of 4°C lead to its significant increase. The MDA level in SA- treated plants level decreased.

Moreover, the activity of antioxidant enzymes (superoxide dismutase, catalase, peroxidase) increased during the whole period of 12°C exposure. At short-term 4°C exposure, the activity of these enzymes increased, and subsequently decreased. SA pretreatment of plants increased the antioxidant enzyme activity in plant leaves at both low temperature exposures and prevented the oxidative stress development.

Thus, SA can enhance the positive effect of low hardening temperature on cucumber plants tolerance and, at the same time, partially neutralize the negative effect of the damaging temperature. The protective role of SA at both low temperatures is probably due to the regulation of the antioxidant system activity.

Сравнение метаболомов водорослей-макрофитов побережья Белого моря

Ильин А.А., Пузанский Р.К., Тараховская Е.Р., Емельянов В.В., Шишова М.Ф.
Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
tetpapx@bk.ru

Водоросли-макрофиты литоральной зоны находятся под постоянным действием целого ряда стрессовых факторов. К типичным стрессорам прибрежной зоны можно отнести периодические изменения оводнённости, солёности, температуры и доступности кислорода. Механизмы адаптации водорослей, в том числе на биохимическом уровне, во многом еще неизвестны.

Метаболом – совокупность метаболитов, разнообразие которых отражает физиологическое и биохимическое своеобразие тестируемых организмов.

Задача данного исследования состоит в сравнительном анализе метаболомов водорослей из различных групп (зелёные, красные, бурые), обитающих на литорали и сублиторали. Для решения этой задачи проведен анализ метаболитного спектра водорослей видов *Enteromorpha* sp., *Cladophora rupestris*, *Cladophora fracta*, *Palmaria palmata*, *Odonthalia dentata*, *Fucus distichus*, *Fucus serratus*, *Ascophyllum nodosum* и *Pelvetia canaliculata* с помощью метода газовой хроматографии, сопряжённой с масс-спектрометрией. Сбор проб был проведён на побережье Белого моря в начале июля. Отбирали вегетативные части таллома. Фиксацию проводили метанолом. Анализ литоральных и сублиторальных водорослей, не подвергающиеся действию стрессовых факторов, позволило получить первичные данные о различиях механизмов биохимических адаптаций водорослей разных групп – зелёных, красных и бурых.

Работа финансируется из средств гранта РФФИ 16-04-00743-а.

Comparison of macrophyte algae metabolomes from White sea coast

Ilin A.A., Puzansky R.K., Tarakhovskaya E.R., Yemelyanov V.V., Shishova M.F.
St. Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

Algae-macrophytes of the littoral zone are under constant effect of a number of stress factors. The typical stressors of the coast zone include periodical changes in water content, salinity, temperature, and oxygen availability. The mechanisms of algal adaptation, including the biochemical ones, are still largely unknown.

Metabolome is a set of metabolites. Its variety reflects the physiological and biochemical identity of the tested organisms.

The goal of this study was to compare the metabolomes of algae from different groups (green, red, brown) living on the littoral and sublittoral zones. Metabolite profiling was provided for different species, including *Enteromorpha* sp., *Cladophora rupestris*, *Cladophora fracta*, *Palmaria palmata*, *Odonthalia dentata*, *Fucus distichus*, *Fucus serratus*,

Ascophyllum nodosum, and *Pelvetia canaliculata*, using the GC-MS method. Sampling was done at the coast of the White Sea in early July. The vegetative parts of the thalli were selected. Fixation was carried out with methanol. Analysis of littoral and sublittoral algae, which were not subjected to stress factors, allowed obtaining primary data on the differences in the mechanisms of biochemical adaptations of algae of different groups, green, red and brown.

The work is financed by RFBR grant 16-04-00743-a.

Использование технологии клонирования Gateway® для изучения развития корня кабачка

Ильина Е.Л., Кирюшкин А.С., Пучкова В.А., Гусева Е.Д., Савельева А.П., Демченко К.Н.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
eilina@binran.ru

Современный этап биологии развития растений напрямую связан с изучением функции гена. Одним из основных инструментов исследований являются трансгенные растения с целевыми вставками, позволяющими изучить тканевой паттерн экспрессии генов интереса или манипулировать уровнем экспрессии изучаемых генов. В этом случае возникает необходимость гибко и в короткие сроки создавать вектора для трансформации растений, несущие необходимые исследователям свойства. Технология клонирования Gateway® является эффективным методом, обеспечивающим направленное клонирование и позволяющим осуществить сборку практически любых сочетаний фрагментов ДНК (например, промотора, кодирующей части и терминатора) в векторе, пригодном для трансформации растений.

В рамках исследований инициации и развития бокового корня Тыквенных была сконструирована серия векторов. Использовали ферментативные клоназные реакции и традиционный подход на основе рестриктаз и лигирования. Путём LR-клоназной реакции был получен вектор pMDC162-DR5::GUS, позволяющий изучать тканевые максимумы ответа на ауксин по активности GUS и осуществлять скрининг трансгенных корней по флуоресценции GFP под управлением 35S промотора. Следующим поколением стала серия векторов p242 KGW-RR-MGW, полученная путём множественной LR-клоназной реакции. Изучен тканевой паттерн активности нативных промоторов генов кабачка (*CpMAKR4* и *GATA15.2*) по флуоресценции ярких репортерных белков tdTomato или NeonGreen. Также путём LR-клоназной реакции была получена серия векторов для РНК-интерференции гена *MAKR4* кабачка на основе вектора pK7GWI-WG2 (II), содержащих фрагменты кодирующей части гена разной длины. Путём BP-клоназной реакции и клонирования, основанного на рестрикции и лигировании, были получены вектора ввода, содержащие отдельные составные части конечного вектора.

Будут обсуждены особенности, позволяющие успешно применять технологию клонирования Gateway® в фундаментальных исследованиях.

Работа поддержана Российским научным фондом (16-16-00089).

Application of Gateway® cloning technology to studying development of squash root

Ilina E.L., Kiryushkin A.S., Puchkova V.A., Guseva E.D., Savelyeva A.P., Demchenko K.N.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

The current stage of plant development biology is directly related to the study of the gene function. One of the main research tools are transgenic plants with targeted insertions allowing to study the tissue pattern of particular genes' expression or manipulating the level of expression of these genes. In this case it becomes necessary to promptly construct vectors for the plant transformation that carry the properties necessary for researchers. Gateway® cloning technology is an efficient method that provides directional cloning and allows the assembly of virtually any combination of DNA in a vector suitable for plant transformation.

During the studies of the initiation and development of the lateral cucurbits root, a series of vectors was constructed. Enzymatic cloning reactions and a traditional approach based on restriction enzymes and ligation were used. By the LR-cloning reaction, the vector pMDC162-DR5::GUS was obtained, allowing to study the tissue maxima of the auxin response by GUS activity and screening the transgenic roots by GFP fluorescence under the 35S promoter. The next generation was a series of vectors on p242 KGW-RR-MGW base, obtained by a multiple LR-cloning reaction. The tissue pattern of the native promoter activity of the squash genes (*CpMAKR4* and *GATA15.2*) was studied by fluorescence of bright reporter proteins tdTomato or NeonGreen. Also, a series of RNAi vectors of the *MAKR4* squash gene based on the pK7GWI-WG2 (II) vector containing coding region gene fragments of different lengths was obtained by the LR-cloning reaction. By the BP-cloning reaction and cloning based on restriction and ligation, entry vectors containing discrete parts of the destination vector were obtained.

The paper discusses the features that allow the successful use of Gateway® cloning technology in basic research.

This research was financially supported by the Russian Science Foundation (grant no. 16-16-00089).

Зависимость «доза-эффект» в ростовой реакции проростков ярового ячменя при обработке семян смесями глифосата и брассиностероидов

Кем К.Р.
Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси, Минск, Беларусь
kem-666@mail.ru

Брассиностероиды (БС) – фитогормоны класса стероидов, стрессовые адаптогены, обладающие выраженной ростостимулирующей активностью. Биотесты, используемые для классических фитогормонов, показали, что БС активны в чрезвычайно низких концентрациях – 10^{-6}–10^{-12} моль. В ряде исследований они проявляли высокую стимулирующую активность, в других же не оказывали действия или ингибировали ростовые процессы. Интерес к глифосату обусловлен актуальностью исследований по выявлению у него эффекта гормезиса и синергизма в композициях глифосата с рядом физиологически активных веществ.

Цель исследования – выявление зависимости «доза-эффект» в действии смесей БС (кастастерона и брассинолида) и глифосата на рост проростков ячменя при обработке семян.

Объекты исследования – семена и проростки ярового ячменя сорта Радзимич. В опыте использована доза глифосата $5{,}5*10^{-2}$ М, ингибирующая линейный рост корней проростков на 50-60%, и диапазон концентраций кастастерона или брассинолида от 10^{-4} до 10^{-8} М (изменение > 5800 раз) в 1%-ном растворе пленкообразователя Гисинар, с повариантным изменением концентраций в 1,25 раза, всего 40 вариантов. Контролями служили варианты с обработкой семян 1%-ным раствором Гисинара (контроль-1) и глифосатом в концентрации $5{,}5*10^{-2}$ М без добавления БС (контроль-2). Проращивание семян проводилось методом рулонной культуры. Измерения длины корневой системы проводили на 3, 5, 7 и 9-ые сутки. Брассиностероиды синтезированы в Институте биоорганической химии НАН Беларуси и любезно предоставлены академиком Хрипачом В.А.

Выявлены диапазоны концентраций БС, в которых наблюдается значительное усиление ингибирования роста корневой системы проростков по отношению к контролю с глифосатом. Они составляют $3{,}3*10^{-8}$ – $3{,}4*10^{-7}$ М (на 17,8 % ниже контроля) для брассинолида и $4{,}1*10^{-8}$–$5{,}9*10^{-7}$ М (на 16,7% ниже контроля) для кастастерона, и практически совпадают. Также отмечено, что кастастерон в концентрации от $2{,}8*10^{-6}$ М и брассинолид в концентрации от $5{,}5*10^{-6}$ М и выше ингибируют рост корневой системы проростков.

Разработка композиционных составов на основе результатов исследований зависимости «доза-эффект» может позволить, к примеру, снизить токсическое действие гербицидов на культурные растения, или наоборот, повысить эффективность действия пестицидов на патогены.

"Dose-response" dependence of the growth reaction of spring barley seedlings at seed treatment with mixtures of glyphosate and brassinosteroids

Kem K.R.
V.F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

Brassinosteroids (BS) are steroid phytohormones. They are known as stress adaptogens possessing pronounced growth-stimulating activity. Biotests showed that BS are active at extremely low concentrations - 10^{-6}–10^{-12} mol. In a number of studies, they exhibited high stimulating activity, while in others they did not exert any influence or even inhibited growth processes. The interest to glyphosate is due to the importance of studying the effect of hormesis and synergism in glyphosate compositions with a number of physiologically active substances.

The aim of the study was to determine the «dose-effect» dependence in the action of mixtures of BS (castasterone and brassinolide) and glyphosate on the growth of barley seedlings during seed treatment.

The objects of investigation were seeds and seedlings of spring barley (cv. Radzimich). The dose of glyphosate $5{,}5*10^{-2}$ M, inhibiting linear growth of seedling roots by 50–60%, was used in the experiment. Working solutions of BS for seed treatment were prepared in the concentration range of 10^{-4}M - 10^{-8}M by dilution of basic BS-solution by 1% water solution of film-forming material (Gisinar) with a single-step of 1,25 times (40 variants). Variants with the seed incrustation with 1% solution of Gisinar (control-1) and glyphosate at a concentration of $5{,}5*10^{-2}$ M without addition of BS (control-2) were used as controls. Seed germination was carried out by the method of roll culture. The root length of seedlings was measured at 3, 5, 7 and 9th day. Brassinosteroids were synthesized in the Institute of Bioorganic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus and kindly provided by academician Khripach V.A.

The concentration intervals at which BS increased the effect of glyphosate as compared to the control (glyphosate) were found. They were $3{,}3*10^{-8}$–$3{,}4*10^{-7}$ M (17,8% below the control) for brassinolide and $4{,}1*10^{-8}$–$5{,}9*10^{-7}$ M (16, 7% below control) for castesterone, and were almost the same. The differences in the indicators are statistically reliable. It was also noted, that casteosterone in the concentration of $2{,}8*10^{-6}$ M and brassinolide in the concentration of $5{,}5*10^{-6}$ M and above inhibit the growth of the root system of seedlings.

The development of composite formulations based on the results of dose-effect studies can reduce the toxic effect of herbicides on crop plants or increase the effectiveness of pesticides against pathogens.

Поиск и идентификация генов GATA23 и MEMBRANE-ASSOCIATED KINASE REGULATOR4 у Тыквенных

Кирюшкин А.С., Ильина Е.Л., Пучкова В.А., Гусева Е.Д., Савельева А.П., Демченко К.Н.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
akiryushkin@binran.ru

У Arabidopsis к наиболее ранним событиям, связанным с инициацией бокового корня, относится появление таких ключевых регуляторов как транскрипционный фактор *GATA23* и киназный регулятор *MEMBRANE-ASSOCIATED KINASE REGULATOR4* (*MAKR4*). Исследование было направлено на поиск функциональных ортологов этих генов у представителей семейства Тыквенные: огурца (*Cucumis sativus*) и кабачка (*Cucurbita pepo*). Инициация бокового корня у последних происходит в пределах апикальной меристемы родительского корня.

У кабачка идентифицирован ген *MAKR4*. У Arabidopsis экспрессия *MAKR4* в корне положительно регулируется ауксином, образующимся в чехлике из индолилмасляной кислоты. Для выявления регуляторных механизмов функционирования проведен сравнительный анализ уровня транскрипции гена *MAKR4* методом ПЦР в реальном времени после 6 ч инкубации кабачка с 10 мкМ индолилуксусной кислотой (ИУК) и аналогами ауксина: индолилмасляной кислотой (ИМК) и нафтилуксусной кислотой (НУК). Уровень транскрипции *MAKR4* достоверно повышался в ответ на НУК и ИМК, но не ИУК. Также изучен паттерн активности промотора гена *MAKR4* в корне кабачка. Экспрессия *MAKR4* отмечена в протоксилеме на удалении 400 мкм от инициальных клеток, затем в рядах перицикла и примордиях. По мере удаления от места активации экспрессии активность промотора распространяется из протоксилемы в клетки стелярной паренхимы и перицикла.

GATA23 специфичен только для крестоцветных, поэтому с помощью сравнительного филогенетического анализа были идентифицированы 26 генов *GATA* у огурца и кабачка. Поиск ортологов *GATA23* был направлен на выявление генов семейства *GATA*, положительно регулируемых ауксином. Анализ уровня экспрессии *GATA* после обработки корней огурца и кабачка НУК позволил идентифицировать несколько генов, экспрессия которых достоверно повышалась: два гена *GATA* у огурца и один у кабачка.

В докладе обсуждается функциональная гомология и идентификация ортологов *GATA23* и *MAKR4* Arabidopsis у Тыквенных.

Исследования поддержаны РНФ (16-16-00089).

Search and identification of *GATA23* and *MEMBRANE-ASSOCIATED KINASE REGULATOR4* genes in cucurbits

Kiryushkin A.S., Ilina E.L., Puchkova V.A., Guseva E.D., Savelyeva A.P., Demchenko K.N.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

In Arabidopsis the earliest lateral root (LR) initiation event is the expression of key molecular markers such as the transcription factor GATA23 and MEMBRANE-ASSOCIATED KINASE REGULATOR4 (MAKR4). The study was focused on the functional orthologues of these genes in Cucurbitaceae species, including cucumber (*Cucumis sativus*) and squash (*Cucurbita pepo*), where LR initiation occurs within the parental root meristem.

The *MAKR4* gene was identified in squash. The Arabidopsis *MAKR4* expression in roots is up-regulated by auxin derived from root cap indole-3-butyric acid. To determine whether the squash *MAKR4* gene has the same regulatory mechanisms, 5 day-old seedlings were treated with 10 μM indole-3-acetic acid (IAA) and auxin analogue, including indole-3-butyric acid (IBA) and naphthalene acetic acid (NAA) for 6 h, followed by qRT-PCR analysis of *MAKR4* gene transcription. The expression level of the *MAKR4* gene was significantly up-regulated in response to IBA and NAA and not affected by IAA. The tissue pattern of the *MAKR4* gene promoter activity was also studied in the squash roots. *MAKR4* expression begins in protoxylem at a distance of 400 μm from the initial cells, then continues in the pericycle files and in LR primordia. As the distance from the expression starting point increases,*MAKR4* promoter activity extends from protoxylem to the stellar parenchyma and pericycle cells.

The *GATA23* gene is specific for Brassicaceae. Using comparative phylogenetic analysis, 26 genes of *GATA* family were identified in cucumber and squash. For putative *GATA23* ortologues, the up-regulation by auxin was confirmed. Only two *GATA* genes were found to be up-regulated in response to NAA in cucumber and one in squash.

The paper discusses putative functions of *GATA23* and *MAKR4* orthologues in cucurbits and regulation mechanisms of LR initiation.

This work was supported by Russian Science Foundation (16-16-00089).

Сравнительный анализ организации актинового цитоскелета в клетках клубеньков гороха посевного (*Pisum sativum* L.) и люцерны слабоусеченной *(Medicago truncatula* Gaertn.)

Китаева А.Б.[1], Кусакин П.Г.[1], Демченко К.Н.[1,2], Цыганов В.Е.[1]
[1] Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии, Санкт-Петербург, Россия;
[2] Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
anykitaeva@gmail.com

Ранее нами была изучена организация тубулинового цитоскелета при развитии клубеньков гороха посевного

и люцерны слабоусеченной. В данном исследовании у этих видов в клубеньках была изучена организация актинового цитоскелета с использованием иммунолокализации и конфокальной микроскопии. Были использованы линии дикого типа люцерны A17 и гороха SGE и полученные на их основе линии с мутациями в ортологичных генах: *ipd3* и *sym33*, *efd-1* и *sym40*.

Было показано, что проанализированные мутации не влияли на организацию актинового цитоскелета. Тем не менее, данные мутанты характеризуются формированием увеличенных инфекционных структур, что позволило детально изучить связанные с ними актиновые микрофиламенты. Плотная сеть утолщенных актиновых микрофиламентов окружали ядро во всех типах клеток клубеньков гороха и люцерны, при этом она соединяла ядро с периферией клетки. Утолщенные эндоплазматические микрофиламенты проходили вдоль инфекционных нитей и окружали инфекционные капли. В инфицированных клетках после выхода бактерий в цитоплазму происходила реорганизация актинового цитоскелета, развивалась сеть тонких и коротких эндоплазматических микрофиламентов между бактероидами. Количественный анализ организации актинового цитоскелета выявил несколько паттернов расположения микрофиламентов в неинфицированных и азотфиксирующих клетках. Паттерны неинфицированных клеток гороха и люцерны сходны, паттерны азотфиксирующих клеток отличались, что объясняется различным строением и расположением бактероидов у изученных видов.

Работа поддержана РНФ 16-16-10035.

Comparative analysis of actin cytoskeleton organization in symbiotic nodules of garden pea (*Pisum sativum* L.) and barrel medic *(Medicago truncatula* Gaertn.)

Kitaeva A.B.[1], Kusakin P.G.[1], Demchenko K.N.[1,2], Tsyganov V.E.[1]
[1] All-Russia Research Institute for Agricultural Microbiology, Pushkin, Saint Petersburg, Russia;
[2] Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

Previously, we studied the organization of tubulin cytoskeleton during nodule formation in garden pea and barrel medic. In this study, we have analyzed the actin cytoskeleton organization in nodules of both species using immunolocalization and confocal microscopy. The pea wild-type line SGE and barrel medic wild type A17, as well as their corresponding mutant lines with mutations in the orthologous genes *ipd3* and *sym33*, *efd-1* and *sym40* were used.

It was shown that the organization of actin cytoskeleton was not affected by the analyzed mutations. Nevertheless, using these mutants with enlarged infection structures, we were able to examine the organization of actin microfilaments around infection threads and droplets more clearly. A dense network of actin microfilaments surrounded the nucleus and connected it with the cell periphery in all cell types of pea and barrel medic nodules. Thickened endoplasmic actin microfilaments passed along infection threads and surrounded infection droplets. After the bacterial release into the host cell cytoplasm of the infected cells, actin cytoskeleton reorganization occurred. Among bacteroids, a network of thin and short actin microfilaments was formed.

Quantitative analysis of actin microfilament orientation revealed several patterns in infected and uninfected cells. The patterns of uninfected cells in pea and barrel medic were similar; however, in infected cells they were different. The latter can be explained by differences in the bacteroid morphology and orientation of the two legume species.

This work was supported by Russian Science Foundation 16-16-10035.

Влияние состава субстрата и способа культивирования на биологическую активность и метаболитные профили *Pleospora* sp. 32.43

Кудряшова Т.Р.[2], Полуэктова Е.В.[1], Берестецкий А.О.[1]
[1] Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Пушкин, Санкт-Петербург, Россия;
[2] Высшая школа биотехнологии и пищевых технологий, Санкт-Петербург, Россия
tahacorfu@yandex.ru

Гриб *Pleospora* sp. 32.43 был отобран в результате скрининга фомоидных грибов-продуцентов биологически активных соединений. Цель работы состояла в изучении влияния состава субстрата и способа культивирования на биологическую активность и метаболитные профили гриба *Pleospora* sp. 32.43. Для культивирования гриба использовали две жидкие среды (на основе дрожжевого и мальтозного экстрактов (ДМГ) и среда Чапека с витаминами (ЧАВ)); в качестве твердых питательных субстратов использовали перловую и пшённую крупы. Экстракцию метаболитов из культурального фильтрата (КФ) *Pleospora* sp. 32.43 проводили хлористым метиленом. Экстракты из колонизированного мицелием зернового субстрата получали 50%-ным водным ацетоном, с последующим извлечением хлористым метиленом из водной фазы. Фитотоксическую активность экстрактов из культуры *Pleospora* sp. 32.43 оценивали в отношении арабидопсиса (*Arabidopsis thaliana*) и пырея (*Elytriga repens*); антимикробную активность экстрактов – в отношении *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli* и *Candida tropicalis*. Наиболее высокий уровень фитотоксической и антимикробной активности был отмечен у экстрактов из КФ *Pleospora* sp. 32.43 на среде ЧАВ и из твердофазной культуры гриба на пшенной крупе. Состав среды оказал существенное влияние на метаболитный комплекс *Pleospora* sp. 32.43. При этом в экстрактах из КФ на среде ЧАВ и на твердых субстратах содержались общие мажорные метаболиты средней полярности.

Работа выполнена при поддержке программы РАН (проект № 0665-2014-0008).

Influence of substrate composition and method of fermentation on biological activity and metabolite profiles of *Pleospora* sp. 32.43

Kudryashova T. R.[2], Poluektova E.V.[1], Berestetsky A.O. [1]
[1] All-Russian Institute of Plant Protection of the Russian Academy of Sciences, Pushkin, Saint Petersburg, Russia;
[2] Graduate School of Biotechnology and Food Technology, Saint Petersburg, Russia

The fungus *Pleospora* sp. 32.43 was selected after screening of Phoma-like fungi which produce biologically active compounds. The aim of this work was to study the influence of the substrate composition and method of fermentation on biological activity and metabolite profiles of *Pleospora* sp. 32.43. Two kinds of liquid nutrient media (YMG (based on yeast and malt extracts) and Chapek's medium with vitamins (ChAV)) were used; pearl barley and millet were used as substrates for solid state fermentation. Extraction of metabolites from *Pleospora* sp. 32.43 culture filtrate (CF) was conducted with methylene chloride. The extracts of solid state substrates colonized by *Pleospora* sp. 32.43 mycelium were obtained in 50% water acetone with further extraction with methylene chloride from the aqueous phase. Phytotoxic activity of the extracts was evaluated on *Arabidopsis thaliana* and *Elytriga repens*; antimicrobial activity of the extracts was tested on *Bacillus subtilis, Escherichia coli* and *Candida tropicalis*. The highest level of phytotoxic and antimicrobial activity was observed for *Pleospora* sp. 32.43 CF extracts on ChAV and from solid-state cultures of the fungus on millet. The composition of the medium caused a significant effect on the metabolite complex of *Pleospora* sp. 32.43. At the same time, the extracts of CF on ChAV and solid substrates contained general major metabolites of medium polarity.

The work was supported by the the Russian Academy of Sciences program (project № 0665-2014-0008).

Транскриптомика как инструмент молекулярно-биологических исследований гороха посевного

Кулаева О.А.[1], Афонин А.М.[1], Клюкова М.С.[1], Жернаков А.И.[1], Тихонович И.А.[1,2], Жуков В.А.[1]
[1] Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии, Санкт-Петербург, Россия;
[2] Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
okulaeva@arriam.ru

Одним из «немодельных» бобовых растений является горох посевной – ценная сельскохозяйственная культура. В настоящий момент нет надежной референсной последовательности генома и транскриптома гороха. Проведенный сравнительный анализ транскриптомов гороха показал, что известные в настоящий момент сборки достаточно сильно варьируют по количеству транскриптов, доле химерных последовательностей, степени аннотации, наличию органо-специфичных транскриптов. Несмотря на это, даже существующие сборки могут эффективно использоваться в различных исследованиях. Так, анализ транскриптомов позволяет проводить разработку молекулярных маркеров *in silico*, что значительно ускоряет выявление локусов, ответственных за определенные признаки. В течение последних 5 лет большое количество молекулярных маркеров, разработанных в процессе секвенирования транскриптомов гороха, было нанесено на генетическую карту. Информация о разработанных маркерах объединена нами в единую базу данных Pea Marker Database (www.peamarker.arriam.ru), содержащую информацию о 15,944 маркерах гороха.

Секвенирование транскриптомов позволяет также выявлять гены, продукты которых обладают ценными свойствами. С использованием алгоритма SPADA был проведен поиск последовательностей, кодирующих антимикробные пептиды (АМП) у гороха посевного. В результате анализа было выявлено 554 последовательности, кодирующие NCR-пептиды, 41 – дефензины, 23 – снакины, 5 – гевеин-подобные пептиды, 64 – липид-переносящие белки. С использованием экспрессионного атласа гороха был подтверждён клубенёк-специфичный характер экспрессии NCR-пептидов, а также выявлено значительное усиление экспрессии некоторых представителей липид-переносящих белков и снакинов в семенах. Данный подход имеет большое фундаментальное и прикладное значение, поскольку позволяет проводить качественную аннотацию транскриптов и выявлять гены, кодирующие АМП, у широкого спектра организмов.

Работа поддержана РФФИ (16-34-60132_мол_а_дк) и РНФ (16-16-00118 и 17-76-30016).

Transcriptomics as an instrument of molecular genetic studies in pea

Kulaeva O.A.[1], Afonin A.M.[1], Kliukova M.S.[1], Zhernakov A.I.[1], Tikhonovich I.A.[1,2], Zhukov V.A.[1]
[1] All-Russia Research Institute for Agricultural Microbiology, Pushkin, Saint Petersburg, Russia
[2] St. Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

Pea is a non-model leguminous plant and a valuable crop culture. At the moment there is no reliable reference sequence of the pea genome and transcriptome. The comparative analysis of the pea transcriptomes showed that the assemblies vary considerably in the number of transcripts, the proportion of chimeric sequences, the degree of annotation, and the presence of organ-specific transcripts. In spite of this, already existing assemblies can be effectively used in various studies. Thus, the analysis of transcripts allows the development of molecular markers *in silico*, which greatly accelerates the detection of loci responsible for certain traits. Over the past 5 years, a large number of molecular markers developed during the sequencing of pea transcriptomes have been positioned onto pea genetic map. The information on the developed markers has been combined in our work into Pea Marker Database (www.arriam.peamarker.ru) containing information

about 15,944 pea markers.

Transcriptome sequencing can be useful for identification of genes whose products possess valuable properties. Searching for sequences that encoded antimicrobial peptides (AMPs) in pea was conducted using the SPADA algorithm. The analysis revealed 554 sequences encoding NCR-peptides, 41-defensins, 23-snakines, 5-hevein-like peptides, 64-lipid-transfer proteins. Using the pea expression atlas, the nodule-specific expression of NCR peptides was confirmed, and a significant increase in the expression of some lipid-carrying proteins and snakins was detected in seeds. This approach has a great fundamental and applied importance, since it allows revealing the genes encoding AMPs from a wide range of organisms.

The work was supported by the RFBR (№ 16-34-60132_mol_a_dk) and RSF (№ 16-16-00118 and № 17-76-30016).

Биохимические особенности редиса (*Raphanus sativus* L.) коллекции ВИР для целей хемосистематики

Курина А.Б., Артемьева А.М., Соловьева А.Е., Шеленга Т.В.
Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия
nastya_n11@mail.ru

Редис – корнеплодное растение вида *Raphanus sativus* L. семейства Капустные – *Brassicaceae Burnett* (Cruciferae Juss.). Вид *R. sativus* L. исключительно полиморфен, для его изучения и систематики применение только ботанических анатомо-морфологических и эколого-географических критериев часто недостаточно. При использовании комплексного подхода к изучению полиморфных видов, для уточнения систематического положения внутривидовых таксонов необходимо привлекать молекулярно-генетические характеристики вида, а также выявить биохимические особенности групп образцов.

Цель нашего исследования заключалась в изучении химического состава корнеплодов редиса коллекции ВИР, в использовании полученных данных биохимического анализа для уточнения внутривидовой ботанической и агроэкологической дифференциации.

Материалом исследований служили 36 образцов редиса различного эколого-географического происхождения, принадлежащие к 6 разновидностям, 9 сортотипам. Биохимический анализ проводили методом газо-жидкостной хроматографии-масс-спектрометрии.

В результате исследований было идентифицировано 134 показателя биохимического состава, из них: органических кислот – 23, сахаров – 15, фенольных соединений – 10, свободных аминокислот – 26, жирных кислот – 17, спиртов – 14 и ряд вторичных метаболитов – 29. Размах вариации содержания каждого из изученных биохимических соединений был очень велик. Статистический анализ включал составление бинарных матриц по каждому биохимическому соединению, в которых отмечалось «присутствие» (1) или «отсутствие» (0) данного компонента. Кластерный анализ провели с помощью метода UPGMA. По результатам кластерного анализа генотипы редиса оказались сгруппированы в две большие группы, что соответствует ботанической дифференциации вида на европейский и китайский подвиды. Внутри больших кластеров выделены шесть малых кластеров, соответствующих группам сортотипов, и один образец оказался за пределами кластеров.

Данное исследование позволило уточнить внутривидовую классификацию путем использования биохимических показателей, что подтверждает необходимость привлечения хемотаксономических исследований для комплексного изучения полиморфного вида *R. sativus* L. и расширения набора фенотипических признаков.

Biochemical features of small radish (*Raphanus sativus* L.) samples from VIR collection for chemosystematics purposes

Kurina A.B., Artemyeva A.M., Soloveva A.E., Shelenga T.V.
Federal Research Centre N.I. Vavilov Institute of Plant Genetic Resources, Saint Petersburg, Russia

Small radish is a root crop of the species *Raphanus sativus* L. of the Cabbage family, *Brassicaceae Burnett* (Cruciferae Juss.). The species *R. sativus* L. is highly polymorphic, the use of only ecogeographic and botanical anatomo-morphological criteria is not enough for its study and taxonomy. When using a complex approach to the study of polymorphic species, it is necessary to involve the molecular genetic characteristics of the species in order to clarify the systematic position of intraspecific taxa, as well as to reveal the biochemical features of the groups of samples.

The purpose of our study was the investigation of the roots biochemical composition of the small radish samples from VIR collection, and employment of the obtained data set for clarification intraspecific botanical and agro-ecological differentiation.

The material of the research was presented by 36 small radish samples of 6 varieties 9 sortotypes, differed by ecogeographic origin. Biochemical analysis was carried out by gas-liquid chromatography-mass-spectrometry. As the result of our research, 134 indicators of biochemical composition were identified, including: organic acids – 23, sugar – 15, phenolic compounds – 10, amino acids – 26, fatty acids – 17, alcohols – 14, and a number of the secondary metabolites – 29. Range of the content of all studied biochemical compounds was very high. Statistical analysis included the compilation of binary matrices for each biochemical compound in which "presence" (1) or "absence" (0) of the component was noted. Cluster analysis was performed using the UPGMA method.

According to the results of cluster analysis, small radish genotypes were grouped into two large groups, which

correspond to the botanical differentiation of the species into European and Chinese subspecies. Within the large clusters, six small clusters corresponding to the groups of sortotypes were identified, and one sample was outside the clusters.

This study made it possible to refine the intraspecific classification by using biochemical indicators, which proves the need to involve chemotaxonomic studies for the complex study of polymorphic species *R. sativus* L. and the expansion of a set of phenotypic traits.

Иммунолокализация цитокинина в клубеньках гороха

Кусакин П.Г., Китаева А.Б., Цыганов В.Е.
Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии, Санкт-Петербург, Россия
kussakin@gmail.com

Роль цитокининов на поздних стадиях развития клубенька изучена недостаточно. Нами было изучено распределение цитокинина транс-зеатина в 2-х и 4-х недельных клубеньках гороха исходных линий SGE и Sprint-2, а также полученных на их основе мутантов: SGEFix$^-$-1 (*sym40*) (гипертрофированные инфекционные капли, нарушения дифференцировки бактероидов), SGEFix$^-$-2 (*sym33*) (бактерии не выходят в цитоплазму растительной клетки), SGEFix$^-$-3 (*sym26*) (раннее старение симбиотических компартментов), и Sprint-2Fix$^-$ (*sym31*) (нет дифференцировки бактероидов).

В 2-х недельных клубеньках гороха исходных линий максимум транс-зеатина наблюдался в меристеме и зоне инфекции, а также в дистальной части зоны азотфиксации. В зоне инфекции метка накапливалась в молодых инфекционных нитях и каплях. В 4-х недельных клубеньках интенсивность метки снижалась, особенно в зоне азотфиксации.

В 2-х недельных клубеньках мутанта SGEFix$^-$-1 (*sym40*) максимум транс-зеатина наблюдался в меристеме, зоне инфекции и периферических тканях. Метка присутствовала в ядрах инфицированных клеток. В 4-х недельных клубеньках метка наблюдалась в меристеме, её интенсивность падала. В клубеньках Sprint-2Fix$^-$ (*sym31*) наблюдалось сходное распределение транс-зеатина. В 2-х и 4-х недельных клубеньках мутанта SGEFix$^-$-2 (*sym33*) максимум транс-зеатина наблюдался преимущественно в меристеме. У мутанта SGEFix$^-$-3 (*sym26*) максимум распределения транс-зеатина присутствовал на всех сроках в меристеме, зоне инфекции, а также в дистальной части зоны, соответствующей зоне азотфиксации клубеньков исходной линии.

Проведенный анализ позволяет предположить, что на поздних стадиях развития клубенька цитокинин необходим для дифференцировки инфицированных клеток и бактероидов.

Работа поддержана РНФ 17-76-30016.

Cytokinin immunolocalization in pea nodules

Kusakin P.G., Kitaeva A.B., Tsyganov V.E.
All-Russia Research Institute for Agricultural Microbiology, Pushkin, Saint Petersburg, Russia

The role of cytokinins at the late stages of nodule development has been insufficiently studied. We studied cytokinin trans-zeatin distribution in 2- and 4-week-old pea nodules of the parental lines SGE and Sprint-2, as well as the corresponding mutants: SGEFix$^-$-1 (*sym40*) (hypertrophied infection droplets, abnormalities in bacteroid differentiation), SGEFix$^-$-2 (*sym33*) (no bacterial release into the plant cell cytoplasm), SGEFix$^-$-3 (*sym26*) (premature degradation of symbiotic compartments), and Sprint-2Fix$^-$ (*sym31*) (no bacteroid differentiation).

In 2-week-old pea nodules of the parental lines trans-zeatin maximum was observed in the meristem, the infection zone and in the distal part of the nitrogen-fixing zone. In the infection zone the label was accumulated in the juvenile infection threads and droplets. In 4-week-old nodules intensity of the label was decreased, especially in the nitrogen-fixing zone.

In 2-week-old nodules of SGEFix$^-$-1 (*sym40*) mutant trans-zeatin maximum was observed in the meristem, the infection zone and in the peripheral tissues. The label was present in the nuclei of infected cells. In 4-week-old nodules the label was observed in the meristem and its intensity was decreased. The same pattern was observed in Sprint-2Fix$^-$ (*sym31*) nodules. In 2- and 4-week-old nodules of SGEFix$^-$-2 (*sym33*) mutant trans-zeatin maximum was observed in the meristem, the infection zone and in the distal part of the zone corresponding to the nitrogen-fixing zone in the wild type nodules.

It was concluded that cytokinin is required for differentiation of infected cells and bacteroids during the late stages of nodule development.

Study is supported by RSF 17-76-30016.

Зависимость ростоингибирующей способности H_2O_2 от уровня сахарозы в питательной среде

Матюш И.Д., Крытынская Е.Н.
Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь
krylena@inbox.ru

H_2O_2 является естественным фунгицидом, бактерицидом, источником кислорода. Уровень эндогенного H_2O_2 регулирует скорость роста клеток растяжением, и его регулирующая способность сопряжена с относительной активностью пероксидаз и продуцирующих H_2O_2 оксидаз клеточных стенок. При обработке экзогенным H_2O_2 его эндогенное содержание в корнях проростков достоверно возрастает, и интенсивность роста корней меняется. Учитывая способность сахарозы в высоких концентрациях действовать в качестве нуклеофильного эффектора, влиять на ферментативную активность, провели ростовые тесты на модельном растении *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. природного экотипа Wassilevskija (WS-0) с целью выявления зависимости ростоингибирующей способности H_2O_2 от содержания сахарозы в питательной среде.

В работе использовали асептические проростки *A. thaliana,* полученные чашечным агаровым методом. На 4 сутки (стадия роста проростков 1.02) чашки делили на две группы: «контроль» и «опыт» с целью изучения раздельного и совместного действия 0,3-3 ммоль/л H_2O_2 и сахарозы на рост главного и боковых корней. В ходе эксперимента фиксировали морфометрические параметры на протяжении 4-12 суток (при выборе интервала исходили из продолжительности фаз вегетационного цикла *A. thaliana*), рассчитывали средние абсолютные и относительные показатели прироста в опытной и контрольной группах с интервалом наблюдения в 24 часа, определяли степень ингибирования прироста.

Показано, что H_2O_2 в дозозависимой манере вызывает ингибирование роста корней асептических проростков *A. thaliana* при культивировании на МС-среде, содержащей 10 г/л сахарозы. Эффективность H_2O_2 зависит от углеводного статуса питательной среды. Увеличение содержания сахарозы в питательной среде до 45 г/л на фоне низкого оксидативного стресса, вызванного действием 0,3 ммоль/л H_2O_2, приводит к сильному ветвлению латеральных корней. Сахароза выступает инициатором латерального корнеформирования. На фоне 3 ммоль/л H_2O_2 степень ингибирования прироста корней составляет на момент начала эксперимента порядка 38% и длительное воздействие (12 суточные проростки) подавляет окислительный стресс, инициированный действием H_2O_2, отменяет латеральный прирост. Следовательно, отмеченный компонент среды культивирования может модулировать ростоингибирующую способность H_2O_2.

Dependence of the H_2O_2 growth-inhibiting ability on the level of sucrose in a nutrient medium

Matyush I.D., Krytynskaya E.N.
Belarusian State University, Minsk, Belarus

H_2O_2 acts as a fungicide, a bactericide, and the source of oxygen. The level of endogenous H_2O_2 regulates the growth rate of cells by stretching them, and its regulating ability is associated with the relative activity of peroxidases and H_2O_2-producing oxidases of cell walls. When processing exogenous H_2O_2, its endogenous content in the roots of seedlings increases significantly, and the root growth rate changes. Considering the ability of sucrose in high concentrations to act as a nucleophilic effector and influence enzymatic activity, growth tests were carried out on a model plant *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. natural ecotype of Wassilevskija (WS-0) in order to determine the dependence of the H_2O_2 growth-inhibiting ability on the content of sucrose in the nutrient medium.

In our experiments we used aseptic sprouts of *A. thaliana* obtained by cup agar method. On the 4th day (the stage of growth of seedlings 1.02), the cups were divided into two groups ("control" and "experiment") in order to study the separate and combined action of 0.3-3 mM H_2O_2 and sucrose on the main and lateral root growth. In the course of the experiment, the morphometric parameters were fixed for 4-12 days (the choice of the interval was based on the duration of the phases of the *A. thaliana* vegetation cycle), the mean absolute and relative growth rates were calculated in the experimental and control groups with the observation interval of 24 hours, the degree of inhibition of growth was determined.

It was shown that H_2O_2, in a dose-dependent manner, causes inhibition of root growth of aseptic shoots of *A. thaliana* when cultured on MS medium containing 10 g/l of sucrose. The effectiveness of H_2O_2 depends on the carbohydrate status of the nutrient medium. An increase in the content of sucrose in the nutrient medium up to 45 g/l against the background of low oxidative stress caused by the action of 0.3 mM of H_2O_2 leads to a strong branching of the lateral roots. Saccharosis acts as an initiator of lateral root formation. Against the background of 3 mM H_2O_2, the degree of root growth inhibition is about 38% at the beginning of the experiment, while prolonged exposure (12 diurnal shoots) suppresses the oxidative stress initiated by the action of H_2O_2 and the lateral horses do not develop. Consequently, the component of the culture medium under study can modulate the growth-inhibiting ability of H_2O_2.

Физиолого-биохимическая характеристика различных изолятов фомоидных грибов, выделенных из листьев борщевика Сосновского

Меркулов И.В., Гасич Е.Л., Берестецкий А.О.
Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Пушкин, Санкт-Петербург, Россия
merkulov.igor.v@gmail.com

Гриб *Calophoma complanata* (Tode) Q. Chen et L. Cai предложен в качестве потенциального микогербицида для борьбы с борщевиком Сосновкого. Однако его физиолого-биохимические свойства изучены недостаточно. В работе охарактеризованы 6 изолятов *C. complanata.* Проведено сравнение метаболитных профилей и биологической активности экстрактов из культур грибов, выращенных на различных жидких питательных средах (среда Чапека с витаминами и ДМГ) и твердом питательном субстрате (перловой крупе), а также патогенности мицелия, полученного при глубинном культивировании. В работе были использованы изоляты 32.121, 32.124, 32.127, 32.133, 32.139, 32.228, предварительно идентифицированные как *C. complanata*. Экстракты из культурального фильтрата грибов получали хлористым метиленом. Извлечение метаболитов из твердофазных культур гриба проводили 50%-ным водным ацетоном с последующей их переэкстракцией из вытяжки после упаривания ацетона хлористым метиленом. Фитотоксическую активность экстрактов оценивали на высечках из листьев борщевика Сосновского и отрезках листьев пшеницы. Антимикробную активность экстрактов определяли методом бумажных дисков в отношении *Bacillus subtilis*. Для оценки патогенности грибы культивировали на орбитальной качалке на жидкой сахарозо-соевой среде в течение 3 и 6 суток, мицелий отфильтровывали, измельчали блендером в 0.01%-ном растворе Твин-80 и наносили на высечки листьев борщевика в концентрации 50 мг/мл (по 10 мкл/листовую высечку). Экстракты из культур всех изученных изолятов грибов проявили слабую фитотоксическую активность в отношении пшеницы. В отношении борщевика Сосновского фитотоксичным был лишь экстракт из мицелия изолята 32.139, полученного на перловой крупе. Заметную антимикробную активность проявили экстракты из культур изолята 32.228 независимо от состава питательного субстрата. Экстракты из культур остальных изолятов грибов проявили слабую антимикробную активность. Максимальную патогенность в отношении борщевика продемонстрировал изолят 32.121. ВЭТСХ- и ВЭЖХ-профили экстрактов из культур двух изолятов (32.127 и 32.228) существенно отличались от хроматографических профилей экстрактов из культур остальных изолятов *C. complanata*.

Работа выполнена при поддержке РНФ (проект № 16-16-00085).

Physiological and biochemical characteristics of various phoma-like fungi isolates from the leaves of *Heracleum Sosnovskyi*

Merkulov I.V., Gasich E.L., Berestetsky A.O.
All-Russian Institute of Plant Protection of the Russian Academy of Sciences, Pushkin, Saint Petersburg, Russia

Fungus *Calophoma complanata* (Tode) Q. Chen et L. Cai has been proposed as a potential mycoherbicide against Sosnowskyi's hogweed. However, its physiological and biochemical properties have not been studied well enough. In this work, six isolates of *C. complanata* are characterized. Comparison of metabolic profiles and biological activity of extracts from fungi cultures grown on various liquid nutrient media (Czapek medium with vitamins and YMM) and solid nutrient substrate (barley croup) has been carried out, as well as the pathogenicity of mycelium obtained from deep cultivation. The isolates used included 32.121, 32.124, 32.127, 32.133, 32.139, 32.228, previously identified as *C. complanata*. Extracts from the culture filtrate of the fungi were obtained using methylene chloride. The extraction of metabolites from the solid phase cultures was carried out in 50% aqueous acetone solution, followed by their reextraction from the essence after acetone evaporation using methylene chloride. The phytotoxic activity of the extracts was evaluated on the cuttings from hogweed leaves and wheat leaf segments. The antimicrobial activity of the extracts was determined by paper disc method against *Bacillus subtilis*. To assess pathogenicity, the fungi were cultured in the orbital shaker on the liquid sucrose-soy medium for 3 and 6 days; the mycelium was then filtered, cut small with a blender in a 0.01% solution of Tween-80 and applied to hogweed leaf cuttings at the concentration of 50 mg / ml (10 µl /cutting). Extracts from cultures of all the fungal isolates showed weak phytotoxic activity against wheat. With regard to Sosnovskyi hogweed, only the extract from isolate 32.139 mycelium obtained on pearl barley was phytotoxic. Significant antimicrobial activity was shown by extracts from cultures of isolate 32.228, regardless of the composition of the nutrient substrate.

Extracts from cultures of other fungal isolates showed weak antimicrobial activity. The maximum pathogenicity in relation to hogweed was demonstrated by isolate 32.121. The HPTLC and HPLC profiles of the extracts from the cultures of the two isolates (32.127 and 32.228) differed significantly from the chromatographic profiles of the extracts from the cultures of the other *C. complanata* isolates.

The work was supported by the RSF (project № 16-16-00085).

A bHLH Transcription Factor, GmPIB1, Facilitates Resistance to *Phytophthora sojae* in *Glycine max*

Cui N., Zheng X., Liu W., Zhang Q., Xu P.
Northeast Agricultural University, Harbin, China
82890000@163.com

Phytophthora sojae (*P. sojae*) Kaufmann et Gerdemann, which causes Phytophthora root rot, is a destructive soybean disease worldwide. A basic helix-loop-helix (bHLH) transcription factor has been reported involved in response to *P. sojae* by RNA-sequence (RNA-seq) in soybean. However, the molecular mechanism of the bHLH transcription factor in response to *P. sojae* is largerly unclear. Here, we report insights into the function and underlying mechanisms of the bHLH transcription factor in soybeans, designated GmPIB1 (*P. sojae*-inducible bHLH transcription factor) in this study, in host responses to *P. sojae*.

GmPIB1 is largely induced by *P. sojae* in resistant soybean cultivar 'L77-1863'. Analyses of transgenic soybean hairy roots expressing elevated or reduced level of *GmPIB1* demonstrated that *GmPIB1* enhances resistance to *P. sojae* and reduces reactive oxygen species (ROS) accumulation. Quantitative real-time reverse transcription PCR (qRT-PCR) and Chromatin immunoprecipitation (ChIP)-qPCR assays revealed that GmPIB1 protein could bind directly to the promoter of *GmSPOD1* and repress the expression of *GmSPOD1*, which is the key enzyme for producing ROS. Moreover, *GmSPOD1* RNA interference into transgenic soybean hairy roots improves resistance to *P. sojae* and decreases ROS generation. Taken together, these findings suggested that GmPIB1 enhances resistance to *P. sojae* by inhibiting ROS-inducible gene expression.

This work was partially supported by the NSFC under grants 71303038, 71511130048.

Влияние выбора источника азота и длительности культивирования на образование феосферида А при жидкофазном культивировании гриба *Paraphoma* sp. ВИЗР 1.46

Полуэктова Е.В.[1*], Мищенко А.В.[2], Берестецкий А.О.[1]
[1] Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Пушкин, Санкт-Петербург, Россия;
[2] Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Санкт-Петербург, Россия
**e.poluektova@vizr.spb.ru, mishchenko.alinochka@inbox.ru*

Феосферид А (ФА) – азотсодержащий вторичный метаболит гриба *Paraphoma* sp. 1.46, обладающий антиопухолевой и фитотоксической активностью. Было показано, что это соединение образуется при культивировании гриба на среде M1D. Цель работы состояла в оценке влияния выбора источника азота и длительности культивирования на образование ФА. В работе использовали 8 вариантов среды M1D с различными источниками азота: нитрат кальция и калия, виннокислый аммоний, аспарагин, мочевина, соевый пептон и L-цистеин. Количественное определение ФА в пробах культурального фильтрата проводили на 7, 14 и 21 сутки методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Максимальный выход ФА был отмечен при использовании классического варианта среды M1D, содержащей виннокислый аммоний и нитраты кальция и калия. Содержание вещества на этой среде на 7-е сутки составило 20 мг/л, на 14-е – 80 мг/л, на 21-е – 150 мг/л. При включении в состав среды только виннокислого аммония, содержание метаболита на 14-е сутки составило 60 мг/л, на 21 сутки – 100 мг/л, в то время как на средах с нитратными источниками азота ФА образовывался в следовых количествах – около 10 мг/л. Таким образом, было показано, что виннокислый аммоний играет важную роль для биосинтеза ФА. На среде с аспарагином содержание метаболита на 7-е сутки составило 0.133 мг/л, на 14-е сутки – 60 мг/л, на 21-е – 40 мг/л. Эти данные подтверждают гипотезу о том, что аспарагин является предшественником биосинтеза ФА. Максимальный выход биомассы (20 г/л) был отмечен при культивировании *Paraphoma* sp. 1.46 на среде M1D с соевым пептоном, при этом содержание ФА на этой среде было сравнительно низким – около 20 мг/л. Таким образом, этот источник азота усиливает рост продуцента, но отрицательно влияет на биосинтез ФА. На средах, содержащих мочевину и L-цистеин, ФА не был обнаружен.

Работа выполнена при поддержке РНФ (проект № 16-16-00085).

The effect of different nitrogen sources and periods of fermentation on phaeosphaeride A production at *Paraphoma* sp. VIZR 1.46 liquid fermentation

Poluektova E.V.[1], Mischenko A.V.[2], Berestetsky A.O. [1]
[1] All-Russian Institute of Plant Protection of the Russian Academy of Sciences, Pushkin, Saint Petersburg, Russia;
[2] Saint-Petersburg State Institute of Technology (Technical University), Saint Petersburg, Russia

Phaeosphaeride A (PhA) is a nitrogen-containing secondary metabolite of the fungus *Paraphoma* sp. 1.46, with antitumor and phytotoxic activity. It was shown that this compound is formed when the fungus is cultured on M1D medium. The purpose of this work was to assess the effect of the choice of nitrogen source and the duration of fermentation on PhA biosynthesis in liquid-phase fermentation of *Paraphoma* sp. 1.46.

We used 8 variants of M1D medium with various sources of nitrogen, including calcium nitrate, potassium nitrate, ammonium tartrate, asparagine, urea, soy peptone and L-cysteine. Quantitative determination of the PhA in culture filtrate samples was performed on the 7th, 14th and 21st days of cultivation by high-performance liquid chromatography. The

maximum yield of PhA was observed when the classic M1D composition was used, which contained both ammonium tartrate and calcium and potassium nitrates. PhA content on this medium on the 7th day was 20 mg /L, on the 14th, 80 mg/L, on the 21st, 150 mg/L. When ammonium tartrate was the only nitrogen source in the medium, the metabolite content was 60 mg/L on the 14th day and 100 mg/L on the 21st day, and in the case when the source of nitrogen was represented only by potassium or calcium nitrate, PhA was found in trace amounts of about 10 mg/L. Thus, it was shown that ammonium tartrate plays an important role in PhA biosynthesis.

On the medium with asparagine, PhA was detected on the 7th (0.133 mg/L), on the 14th, 60 mg/L, on the 21st, 40 mg/L. These data confirm that asparagine is the precursor for PhA biosynthesis. The maximum yield of biomass (20 g/L) was observed when *Paraphoma* sp. 1.46 was grown on M1D with soy peptone, while the PhA content on this medium was relatively low, about 20 mg/L. Thus, this nitrogen source enhanced fungal growth but was negative for PhA biosynthesis. On the media containing urea and L-cysteine, no PhA was detected.

The research was supported by RSF (project № 16-16-00085).

Роль калия в регуляции TOR-киназы при стресс-индуцированной автофагии у *Arabidopsis thaliana*

Рабаданова К.К., Тютерева Е.В., Демидчик В.В., Войцеховская О.В.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
crabadanova@binran.ru

В стрессовый ответ растений на неблагоприятные факторы среды вовлечен процесс деградации внутриклеточных структур, называемый автофагией. К числу молекул, регулирующих интенсивность этого процесса, относится протеинкиназа TOR, действующая через белки семейства ATG. В недавних исследованиях была показана зависимость TOR-сигналинга от уровня углерода, азота и серы, а также от гормональных сигналов.

Вероятно, важная роль в активности TOR-киназы принадлежит калию. Это предположение основывается на его значении в жизнедеятельности растений, а также на исследованиях, показавших участие резкого изменения цитоплазматической концентрации ионов K^+ в запуске автофагии. Однако точный механизм, приводящий к повышению уровня автофагии в результате утечки K^+ при окислительном и солевом стрессе, до конца не изучен.

В работе исследовалась зависимость активности TOR от уровня K^+ в среде выращивания и от снижения его концентрации в клетках при действии окислительного и солевого стресса. Эксперименты проводились на 10-дневных проростках *Arabidopsis thaliana*. Для резкого снижения концентрации K^+ в клетках проростки помещали в 25 mM NaCl, 3% H_2O_2 и в смесь, генерирующую гидроксильные радикалы (1 мМ аскорбат + 1 мМ $CuSO_4$). Помимо этого, часть растений выращивали на среде с низким содержанием калия (0,01 мМ K^+; контроль – 2 мМ). Из корней растений, подверженных стрессу, выделяли белки. С помощью иммуноблоттинга сравнивали соотношение фосфорилированной и нефосфорилированной форм белка S6K – субстрата TOR. В докладе будут представлены результаты анализа активности TOR при индуцированной утечке K^+.

Исследования поддержаны РНФ (грант №15-14-30008, руководитель В.В. Демидчик). Использовалось оборудование ЦКП «Клеточные и молекулярные технологии изучения растений и грибов» БИН РАН.

The role of potassium in regulation of TOR-kinase under stress-induced autophagy in *Arabidopsis thaliana*

Rabadanova C.K., Tyutereva E.V., Demidchik V.V., Voitsekhovskaja O.V.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

Plant stress response involves the process of degradation of intracellular components, known as an autophagy. One of the regulators of autophagy is protein kinase TOR, which acts via ATG proteins. Recent studies have shown the dependence of TOR-signaling on the level of carbon, nitrogen and sulfur, as well as on hormonal signals.

Potassium is believed to play the critical role in TOR-kinase activity. This suggestion is based on the significance of K^+ for plants and, furthermore, on the studies revealing the rapid change of the cytoplasmic K^+ concentration to be involved in the autophagy induction. But the mechanism of increasing autophagy level due to potassium leakage under oxidative and salt stress is not yet fully understood.

In this work we studied the dependence of TOR activity on the potassium level in the medium and on the decrease cytosolic K^+ concentration under oxidative and salt stress. In the experiments we used 10-day-old seedlings of *Arabidopsis thaliana*. The seedlings were placed in 25 mM NaCl, 3% H_2O_2 an in a mixture generating hydroxyl radicals (1 mM ascorbate + 1 mM $CuSO_4$) to achieve rapid decrease of the cytoplasmic K^+ concentration. In addition, some plants were grown on low K^+ medium (0.01 mM K^+, control – 2 mM). From the roots of stressed seedlings, proteins were extracted. Further we analyzed the ratio of phosphorylated and non-phosphorylated forms of S6K protein, TOR pathway effector, using western-blot analysis. The results of TOR activity analysis under induced K^+ leakage will be presented in the report.

The research was supported by the RSF (grant № 15-14-30008 to V.V. Demidchik). The equipment of The Core Facilities Center "Cell and Molecular Technologies in Plant Science" at the Komarov Botanical Institute the Russian Academy of Sciences was used.

Метаболиты апопласта зоны роста мезокотиля кукурузы

Романова А.С., Шарова Е.И.
Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
st035196@student.spbu.ru

В клеточной стенке протекают спонтанные и энзиматические реакции, способные влиять на ее растяжимость, от которой зависит скорость роста клеток. Информацию об этих реакциях может дать определение метаболитного состава апопласта клеток, различающихся скоростью роста. Методом газовой хромато-масс-спектрометрии проведен сравнительный анализ метаболитов апопластного раствора, извлеченного из последовательных сегментов зоны роста мезокотиля. Показано, что преобладающими метаболитами были глюкоза (~5 мМ), фруктоза (~1 мМ), аспарагин (~0.6 мМ), глутамин (~0.5 мМ), яблочная (~1.7 мМ) и молочная (~0.6 мМ) кислоты. В процессе базипетального торможения роста (сегменты 1→4) в апопласте происходило увеличение содержания глутамина (318→708 мкМ) и транс-аконитовой кислоты (80→350 мкМ), снижение содержания галактозы (149→47 мкМ), миоинозита (21→4 мкМ) и молочной кислоты (1070→218 мкМ). Обнаруженные изменения могут отражать не только постепенное торможение роста, но и дифференцировку ксилемы. Спектрофотометрически определено содержание аскорбиновой (АК) и дегидроаскорбиновой (ДАК) кислот. В быстро удлиняющемся сегменте было гораздо больше АК (50 мкМ), чем в сегменте, завершившем рост (10 мкМ). Индекс восстановленности аскорбата (АК/(АК + ДАК)) падал в базальном направлении от 0.17 до 0.05. АК даже в микромолярных концентрациях многократно тормозила окисление фенольных соединений пероксидазами клеточных стенок *in vitro*. Этот эффект, по-видимому, вызван восстановлением с помощью АК феноксильных радикалов. Таким образом, апопластная АК может способствовать растяжимости клеточных стенок, препятствуя пероксидазозависимому образованию окислительных фенольных сшивок между полимерами матрикса.

Работа выполнена в ресурсном центре Развития молекулярных и клеточных технологий при поддержке гранта РФФИ № 17-04-00862.

Apoplastic metabolites in the elongation zone of maize mesocotyl

Romanova A.S., Sharova E.I.
St. Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

In the cell wall, spontaneous and enzymatic reactions occur that could affect its extensibility, which determines the cell growth rate. Evaluation of the apoplastic metabolite composition of cells with different growth rate could give information concerning these reactions.

The comparative analysis of apoplastic metabolites extracted from consecutive segments of mesocotyl elongation zone was performed by gas chromatography-mass spectrometry. It was shown that the major apoplastic metabolites included glucose (~5 mM), fructose (~1 mM), asparagine (~ 0.6 mM), glutamine (~0.5 mM), malic (~1.7 mM) and lactic (~0.6 mM) acids. In the process of basipetal growth retardation (1→4 segments), the content of apoplastic glutamine (318→708 μM), and trans-aconitic acid (80→350 μM) increased, while the content of galactose (149→47 μM), myo-inositol (21→4 μM), and lactic acid (1070→218 μM) decreased. The changes observed could reflect not only the gradual growth retardation, but also the xylem differentiation.

Ascorbic (AsA) and dehydroascorbic (DHA) acids content was measured by spectrophotometry. The rapidly elongated segment had much more AsA (50 μM) than the segment that ceased to grow (10 μM). The ascorbate redox state (AsA/(AsA + DHA)) decreased basipetally from 0.17 to 0.05. *In vitro*, AsA, even in micromolar concentrations, retarded phenolic oxidation by cell-wall peroxidases almost by an order of magnitude. This effect could be due to the phenoxyl radical reduction by AsA. It was concluded that apoplastic AsA could favor cell-wall extensibility, preventing peroxidase-dependent formation of oxidative phenolic cross-links between the matrix polymers.

This work was supported by grant № 17-04-00862 from the Russian Foundation of Basic Research and performed in the Research Resource Centre for Molecular and Cell Technologies.

Инсектицидные свойства вторичных метаболитов грибов рода *Alternaria*

Салимова Д.Р., Далинова А.А., Берестецкий А.О.
Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург, Пушкин, Россия
d.salimova@vizr.spb.ru

Фитопатогенные микромицеты и насекомые могут находиться в мутуалистических или в антагонистических отношениях, в которых важную роль нередко играют вторичные метаболиты грибов (аттрактанты или токсины, соответственно). Грибы рода *Alternaria* известны как продуценты множества биологически активных соединений, однако, инсектицидных метаболитов среди них известно относительно немного. Так, по данным литературы, тенуазоновая кислота, продуцируемая грибом *A. alternata* (Fr.) Keissl., в используемой концентрации оказывала ингибирующее действие на размножение тлей *Macrosiphum rosivorum* Linnaeus, но при этом не обладала фитотоксической активностью в отношении чайной розы. Вторичные метаболиты фитопатогенного штамма As1 *A. alternata* оказались токсичны против жуков *Henosepilachna vigintioctopunctata* Fabricius, на стадиях личинки и куколки насекомого. Альтенуен, продуцируемый эндофитным штаммом VS-10 *A. alternata*, вызывал значительную

смертность (78%) личинок совки *Spodoptora litura* Fabricius, ингибируя ацетилхолинэстеразу. Гусеницы различных видов бабочек оказались чрезвычайно восприимчивы к деструксину В фитопатогенного гриба *A. brassicae* (Berk.) Sacc. Из экстракта культурального фильтрата фитопатогенного штамма 118-011 *A. japonica* Yoshii., нами была выделена N-ацетилантраниловая кислота, которая ранее не была обнаружена у грибов рода *Alternaria* и в концентрации 1 мг/мл вызывала смерть 50% особей злаковой тли *Schizaphis graminum* Rondani. Инсектицидные метаболиты обнаружены и у некоторых других фитопатогенных грибов. Так, например, лектин фитопатогена *Sclerotinia sclerotiorum* (L.) de Bary. оказался токсичен против гороховой тли *Acyrthosiphon pisum* Harris. Гриб *Pyrenophora teres* (Died.) Drechsler. синтезирует инсектицидные токсины подавляющие рост насекомых. У фитопатогенных видов рода *Fusarium* был обнаружен боверицин – сильный инсектицидный токсин.

Сведения об инсектицидных свойствах вторичных метаболитов грибов рода *Alternaria* могут быть использованы как в фундаментальных (расширение общих знаний о грибах этого рода и их взаимоотношениях с насекомыми), так и в прикладных целях (как источник новых биорациональных инсектицидов).

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 17-04-01445).

Insecticidal properties of secondary metabolites from *Alternaria* fungi

Salimova D.R., Dalinova A.A., Berestetsky A.O.
All-Russian Institute of Plant Protection of the Russian Academy of Sciences, Pushkin, Saint Petersburg, Russia

Phytopathogenic micromycetes and insects can be in mutualistic or antagonistic relationships, in which fungal secondary metabolites (attractants or toxins, respectively) often play an important role. Fungi of the genus *Alternaria* are known as producers of many biologically active compounds; however, relatively little is known about insecticidal metabolites among them. Thus, it was reported that tenuazonic acid produced by *A. alternata* (Fr.) Keissl. in particular concentration had an inhibitory effect on the propagation of *Macrosiphum rosivorum* Linnaeus aphids, but did not display phytotoxic activity against the tea rose. Secondary metabolites of the phytopathogenic strain *A. alternata* As1 proved to be toxic against the *Henosepilachna vigintioctopunctata* Fabricius beetles at the stages of the insect larva and pupa. Altenuene, produced by the endophytic strain VS-10 *A. alternata*, caused significant mortality (78%) of the cotton leafworm larvae (*Spodoptora litura* Fabricius), inhibiting acetylcholinesterase. Caterpillars of various *Lepidoptera* species have proved extremely susceptible to the destructin B of the phytopathogenic fungus *A. brassicae* (Berk.) Sacc. From the culture filtrate extract of the phytopathogenic strain 118-011 *A. japonica* Yoshii. we isolated N-acetylanthranilic acid, which was not previously found in the fungi of the genus *Alternaria* and caused the death of 50% of the wheat aphid (*Schizaphis graminum* Rondani) at the concentration of 1 mg/ml. Insecticidal metabolites are found in some other phytopathogenic fungi. For example, the lectin from the phytopathogen *Sclerotinia sclerotiorum* (L.) de Bary. proved to be toxic against the pea aphid (*Acyrthosiphon pisum* Harris). The fungus *Pyrenophora teres* (Died.) Drechsler. produces insecticidal toxins that suppress the growth of insects. In phytopathogenic species of the genus Fusarium, a strong insecticidal toxin beauvericin was detected.

Information on the insecticidal properties of secondary fungal metabolites of genus *Alternaria* can be used both for fundamental purposes, as broadening the general knowledge about fungi of this genus and their relationship with insects, and for applied purposes, as a source of new biorational insecticides.

This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research (Project № 17-04-01445).

Метаболизм бетаиновых липидов у грибов, водорослей и высших растений

Сеник С.В., Виноградская М.А., Котлова Е.Р.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
senik@binran.ru

Бетаиновые липиды представляют собой бесфосфорные глицеролипиды, содержащие триметиламмонийную группу в полярной части молекулы. В настоящее время семейство бетаиновых липидов насчитывает три соединения, в числе которых диацилглицерилтриметилгомосерин (ДГТС), распространенный среди некоторых простейших, фотосинтезирующих бактерий, водорослей, грибов и споровых растений. ДГТС играет важную роль в стресс-индуцированных модификациях мембран, обеспечивающих устойчивость живых организмов к экстремальным воздействиям внешней среды (осмотический стресс, дефицит элементов минерального питания и др.). Синтез ДГТС осуществляется двумя отдельными белками у бактерий (BtaA и BtaB) и единым полипептидом у эукариот (BTA1), при этом функционально охарактеризовано всего 3 гена *BTA1*.

С целью поиска ортологов гена ДГТС-синтазы BTA1 мы провели BLAST-анализ по всем доступным в базах данных полным геномам. Анализ доменной структуры выявленных транскриптов позволил обнаружить гены с нетипичной архитектурой консервативных доменов, в т.ч. перестановками, при которых домены меняются местами, а также с дополнительными доменами RIM I и TLC. Интересно, что ген с обратным порядком доменов, обнаруженный у *Nannochloropsis gaditana* (Eustigmatophyceae), по всей видимости, сохраняет функцию синтеза ДГТС.

Ранее нами была выявлена роль ДГТС в адаптации базидиальных грибов и зеленых водорослей к дефициту фосфора. Анализ регуляторных последовательностей с помощью инструментов базы TRANSFAC показал, что гены ДГТС-синтаз в своей промоторной части содержат возможные сайты связывания с регуляторными белками,

указывающие на регуляцию экспрессии этого гена дефицитом фосфора (транскрипционным фактором Pho4, координирующим экспрессию генов PHO-регулона), а также различными значениями pH (белок PacC). Тем не менее, эксперименты по воздействию pH на состав липидов базидиомицетов не подтвердили наличие регуляции синтеза бетаиновых липидов щелочными и кислыми значениями pH.

Работа выполнена в рамках государственного задания Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН по теме АААА-А18-118030190098-4 "Макромицеты России ex situ: структурно-функциональные особенности, аспекты аутэкологии и сохранение генофонда в Коллекции культур базидиомицетов БИН РАН".

Metabolism of betaine lipids in fungi, algae and higher plants

Senik S.V., Vinogradskaya M.A., Kotlova E.R.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

Betaine lipids are phosphorus-free glycerolipids containing a trimethylammonium group in the polar part of the molecule. At present, the betaine lipid family consists of three compounds, including diacylglyceryltrimethylhomoserine (DGTS), which is common among some protozoans, photosynthesizing bacteria, algae, fungi and vascular plants.

DGTS plays an important role in stress-induced modifications of the membranes that provide the resistance of living organisms to extreme environmental influences (osmotic stress, deficiency of mineral elements, etc.). DGTS synthesis is carried out by two separate proteins in bacteria (BtaA and BtaB) and a single polypeptide in eukaryotes (BTA1), with only 3 BTA1 genes being functionally characterized.

In order to find the orthologues of the DGTS synthase gene, we conducted a BLAST analysis of BTA1 for all genomes available in databases. The analysis of the domain structure of the revealed transcripts allowed us to detect genes with atypical architecture of conservative domains, including circular permutations, where domains change places, as well as with additional domains RIM I and TLC. We have reasons to assume that the gene with the reverse order of domains found in *Nannochloropsis gaditana* (Eustigmatophyceae), retains the function of DGTS synthesis.

Earlier, we identified the role of DGTS in the adaptation of basidiomycetes and green algae to phosphorus deficiency. Analysis of regulatory sequences using the tools of the TRANSFAC database showed that DGTS synthase gene promoters contain putative binding sites for regulatory proteins suggesting regulation of the expression of this gene by phosphorus deficiency (by transcription factor Pho4 coordinating the expression of the PHO-regulon genes), and different pH values (by PacC protein). Nevertheless, experiments on the effect of pH on the composition of lipids of basidiomycetes did not confirm the presence of synthesis regulation of betaine lipids by alkaline and acidic pH values.

The work was supported by the Ministry of Education and Sciences of the Russian Federation (registration number AAAA-A18-118030190098-4).

Анализ негативной регуляции старения симбиотических клубеньков гиббереллинами у гороха (*Pisum sativum* L.)

Серова Т.А., Цыганов В.Е.
Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии, Пушкин, Санкт-Петербург, Россия
t_serova@rambler.ru

Развитие бобово-ризобиального симбиоза, в том числе и старение клубенька, регулируется различными фитогормонами. Известно, что гиббереллины (ГК) участвуют в начальных этапах становления симбиоза. Однако, существует немного данных о влиянии ГК на поздние стадии развития клубенька.

В работе была использована серия симбиотических мутантов гороха (*Pisum sativum* L.), полученных на основе родительской линии SGE: SGEFix$^-$-1 (*sym40*), SGEFix$^-$-3 (*sym26*) и SGEFix$^-$-7 (*sym27*), формирующие рано стареющие клубеньки, и SGEFix$^-$-2 (*sym33*), характеризующийся отсутствием морфологических признаков ранней деградации симбиотических структур.

С помощью ПЦР в режиме реального времени было показано повышение уровней транскриптов ассоциированных со старением генов с увеличением возраста клубеньков родительской и мутантных линий гороха. В качестве ассоциированных со старением генов были выбраны гены цистеиновых (*PsCyp1, PsCyp15a*) и тиоловой (*PsTPP*) протеаз, ген фактора транскрипции bZIP (*PsATB2*), гены АЦК синтетазы и оксидазы (*PsACS2, PsACO1*), ген альдегид оксидазы (*PsAO3*).

С увеличением возраста клубеньков родительской и мутантных линий наблюдалось снижение экспрессии гена одного из ферментов биосинтеза ГК (*PsGA20ox1*) и повышение экспрессии гена фермента деактивации ГК (*PsGA2ox*). С помощью иммунолокализации ГК было показано снижение ее содержания при старении клубеньков анализируемых генотипов. При обработке линии SGE экзогенной ГК наблюдалось снижение уровней транскриптов ассоциированных со старением генов и замедление формирования зоны старения в процессе развития клубенька.

Таким образом, было показано возможное негативное влияние гиббереллинов на старение симбиотического клубенька гороха.

Работа поддержана грантом РНФ 17-76-30016.

Analysis of negative regulation of symbiotic nodule senescence by gibberellins in pea (*Pisum sativum* L.)

Serova T.A., Tsyganov V.E.
All-Russia Research Institute for Agricultural Microbiology, Pushkin, Saint Petersburg, Russia

Development of the legume-*Rhizobium* symbiosis, including the nodule senescence, is regulated with different phytohormons. It is known that gibberellins (GAs) are involved in the regulation of the initial stages of symbiosis establishment. However, there is little data about the effect of GAs on the late stages of nodule development.

In this study the wild-type SGE and a series of symbiotic mutants SGEFix$^-$-1 (*sym40*), SGEFix$^-$-3 (*sym26*) and SGEFix$^-$-7 (*sym27*), forming inefficient early senescent nodules, and SGEFix$^-$-2 (*sym33*), characterized by the absence of morphological signs of prematurely degradation of symbiotic structures, were used.

With real-time PCR, an increase of the transcript levels of senescence-associated genes was shown during aging of pea wild-type and mutant nodules. Genes encoding cysteine (*PsCyp1, PsCyp15a*) and thiol (*PsTPP*) proteases, transcription factor bZIP (*PsATB2*), ACC synthase and oxidase (*PsACS2, PsACO1*) and aldehyde oxidase (*PsAO3*) were selected as senescence-associated genes.

A down-regulation of one of the GA biosynthesis genes (*PsGA20ox1*) and an up-regulation of GA deactivation gene (*PsGA2ox*) were observed during the aging of wild-type and mutant nodules. Using GA immunolocalization, a decrease of the content of bioactive GA was shown in senescent wild-type and mutant nodules. A down-regulation of senescence-associated genes and the delay in the formation of the senescence zone during nodule development were observed in wild-type SGE treated with exogenous GA.

Thus, possible negative effect of gibberellins on pea nodule senescence was demonstrated.

This work was supported by RSF 17-76-30016.

Влияние состава питательного субстрата и способа культивирования на биологическую активность экстрактов гриба *Pestalotiopsis* sp., выделенного из листьев *Camellia sinensis*

Страхова-Шмидт А.П., Полуэктова Е.В., Берестецкий А.О.
Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Пушкин, Санкт-Петербург, Россия
st058641@student.spbu.ru

Грибы рода *Pestalotiopsis* известны как фитопатогены многих сельскохозяйственных растений. По данным литературы грибы этого рода являются продуцентами биологически активных веществ широкого спектра активности. Цель работы состояла в подборе оптимальных питательных субстратов и способов культивирования для получения биологически активных метаболитов *Pestalotiopsis* sp., выделенного из листьев *Camellia sinensis* (L.) Kuntze. Культура гриба была получена на жидких средах M1D, ДМГ (среда на основе дрожжевого и мальтозного экстрактов), ЧАВ (среда Чапека с витаминами) и картофельно-глюкозном бульоне. В качестве твёрдых субстратов использовали рисовую, перловую и пшённую крупы. Антимикробную активность экстрактов из культурального фильтрата и мицелия гриба оценивали в отношении *Pseudomonas syringae* van Hall, *Paenibacillus polymyxa* (Prazmowski) Ash *et al*. и *Candida tropicalis* (Castell.) Berkhout; фитотоксическую активность определяли методом листовых дисков на бодяке полевом (*Cirsium arvense* (L.) Scop.) и пырее ползучем (*Elytrigia repens* (L.) Desv. ex Nevski). Максимальный выход биомассы был отмечен при культивировании гриба на среде M1D и картофельно-глюкозном бульоне, минимальный – на среде ЧАВ. Было показано, что экстракты из культурального фильтрата гриба на средах ДМГ, M1D и картофельно-глюкозном бульоне проявляют фитотоксическую и антимикробную активность в отношении тест-организмов. Экстракт из мицелия гриба на среде M1D также обладал фитотоксическими и антимикробными свойствами, в то время как экстракты из мицелия гриба на других жидких средах и твёрдых питательных субстратах были не активны. Таким образом, культивирование гриба на средах ДМГ, M1D и картофельно-глюкозном бульоне способствует образованию вторичных биологически активных метаболитов.

Работа выполнена при поддержке программы РАН (проект № 0665-2014-0008).

Influence of nutrient substrate composition and cultivation method on the biological activity of extracts of the fungus *Pestalotiopsis* sp., isolated from the leaves of *Camellia sinensis*

Strakhova-Shmidt A.P., Poluektova E.V., Berestetsky A.O.
All-Russian Institute of Plant Protection of the Russian Academy of Sciences, Pushkin, Saint Petersburg, Russia

Fungi of the genus *Pestalotiopsis* are known as phytopathogens of many agricultural plants. According to the literature, fungi of this genus produce biologically active metabolites of a wide spectrum of activity. The aim of the work was to select the optimal nutrient substrates and cultivation methods for producing biologically active metabolites of *Pestalotiopsis* sp. isolated from the leaves of *Camellia sinensis* (L.) Kuntze. The culture of the fungus was obtained on liquid media M1D, YMG (based on yeast and malt extracts), Czapek's medium with vitamins and potato-glucose broth. Rice, pearl and millet were used as solid substrates. Antimicrobial activity of the extracts from the culture filtrate and from mycelium of the fungus were assessed for *Pseudomonas syringae* van Hall, *Paenibacillus polymyxa* (Prazmowski) Ash *et al*. and *Candida tropicalis* (Castell.) Berkhout; phytotoxic activity was determined by the method of leaf discs on *Cirsium arvense* (L.) Scop. and *Elytrigia repens* (L.) Desv. ex Nevski. The maximum yield of biomass was observed when the

fungus was cultivated on medium M1D and potato-glucose broth, the minimum, on Czapek's medium. It was shown that extracts from the culture filtrate of the fungus on media YMG, M1D and potato-glucose broth, exhibit phytotoxic and antimicrobial effect on test organisms. The mycelial extract of the fungus from M1D medium also had phytotoxic and antimicrobial properties, while extracts from mycelium of the fungus from other liquid media and extracts from solid substrates were not active. Thus, it was shown that cultivation of the fungus on YMG, M1D and potato-glucose broth enhance biosynthesis of biologically active metabolites.

The work was supported by the the Russian Academy of Sciences program (project № 0665-2014-0008).

Роль АСБ1 в регуляции активности H^+-АТФазы плазмалеммы на трансляционном уровне в ходе роста растяжением

Теплякова С.Б., Чэнь Т., Кирпичникова А.А., Романюк Д.А., Емельянов В.В., Шишова М.Ф.
Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
mshishova@mail.ru

Физиологическая роль ауксин-связывающего белка 1 (АСБ1) в реализации ауксин-зависимой регуляции роста растяжением и работы H^+-АТФазы плазмалеммы не однозначна. Исследование проведено с использованием суспензионной культуры табака By-2 (*Nicotiana tabacum* L. cv. *Bright Yellow*) дикого типа, сохраняющей в своем цикле развития этап роста растяжением, а также трансгенной линии NAS, характеризующейся пониженным содержанием АСБ1 и более замедленным ростом клеток. Для работы были проанализированы клетки в возрасте 7, 14 и 18 суток, характеризующие основные этапы роста клеток суспензионной культуры.

Показано, что рост клеток табака дикого типа имеет нелинейный характер и достигает максимума на 14 день развития культуры. Анализ интенсивности экспрессии генов, кодирующих H^+-АТФазу плазмалеммы, выявил более высокую скорость накопления продуктов транскрипции для анализируемых PMA у дикого типа. Завершение процесса роста согласуется с резким снижением экспрессии генов всех изоформ H^+-АТФазы ПМ. Клетки линии NAS характеризовались пониженной экспрессией генов, кодирующих протонную помпу плазмалеммы. Кроме того, для большинства генов выявлено последовательное снижение накопления продуктов транскрипции в ходе развития.

Полученные данные свидетельствуют о том, что при снижении содержания АСБ1 нарушаются механизмы регуляции работы H^+-АТФазы плазмалеммы, в том числе на транскрипционном уровне, что приводит к менее интенсивному характеру роста растяжением.

Работа финансируется из средств гранта РФФИ 16-04-00743-а.

The role of ABP1 in the regulation of plasma membrane H^+-ATPase at transcriptional level during elongation growth

Tepliakova S.B., Chen T., Kirpichnikova A.A., Romanyuk D.A., Yemelyanov V.V., Shishova M.F.
St. Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

The physiological role of auxin binding protein 1 (ABP1) in the realization of auxin-dependent regulation of the elongation growth and the activity of the plasma membrane H^+-ATPase is not clear. The investigation was provided at wild-type suspension tobacco culture By-2 (*Nicotiana tabacum* L. cv. *Bright Yellow*), which retained the growth stage in its development cycle, as well as at transgenic NAS line characterized by a reduced content of ABP1 and a slow cell growth. Cells at the age of 7, 14 and 18 days were analyzed.

It was shown that the growth of tobacco cells of wild type had a nonlinear character and reached a maximum on the 14th day of development of the culture. Analysis of the expression intensity of genes encoding the plasma membrane H^+-ATPase revealed a higher rate of accumulation of transcription products for the analyzed PMA in wild type. Completion of the growth process was consistent with a sharp decrease in gene expression of all isoforms of H^+-ATPase PM. NAS cells were characterized by a decreased expression of genes encoding the proton pump of the plasmalemma. In addition, for the most genes, a consistent decrease in the accumulation of transcription products during development was identified.

The obtained data indicate that the decrease in the content of ABP1 disturb the mechanisms of the H^+-ATPase of the plasma membrane regulation, including the transcriptional level. This leads to a less intensive elongation growth.

The work is financed by RFBR grant 16-04-00743-a.

Регуляция активности протонной помпы тонопласта на транскрипционном уровне в ходе роста растяжением

Чэнь Т., Кирпичникова А.А., Романюк Д.А., Емельянов В.В., Шишова М.Ф.
Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
mshishova@mail.ru

H^+-АТФаза и H^+-пирофосфатаза тонопласта используют энергию, освобождающуюся при гидролизе АТФ и пирофосфата, для генерации электрохимического градиента ионов водорода на вакуолярной мембране. Совместно

с H^+-АТФазой плазмалеммы эти ферменты являются важнейшими компонентами протонной сигнальной системы и pH-стата клетки. Предполагается совместное участие протонных помп тонопласта и плазмалеммы в реализации специфичного для растительных клеток роста растяжением. Хорошо известно, что ауксин специфично стимулирует работу H^+-АТФазы плазмалеммы, однако данные о регуляции протонной АТФазы тонопласта отсутствуют.

Исследование проведено на клетках суспензионной культуры табака BY-2 (*Nicotiana tabacum L. cv. Bright Yellow*) дикого типа и линии NAS, характеризующейся пониженным содержанием ауксинсвязывающего белка 1 (АСБ1). Показано усиление экспрессии генов, кодирующих субъединицы G1 и B H^+-АТФазы тонопласта на 14 день развития культуры табака BY-2 дикого типа. Именно этот этап развития характеризовался максимальным ростом растяжения. Наряду с этим выявлено ослабление экспрессии этих генов в клетках культуры линии *NAS*, демонстрирующих снижение интенсивности роста. Вестерн-блотт анализ выявил увеличение содержания субъединицы B в составе тонопласта в клетках дикого типа на 14 день. Однако оно отсутствовало в клетках линии *NAS*.

Таким образом, на модельной системе, представленной синхронизированными клетками суспензионной культуры табака BY-2 (*Nicotiana tabacum L. cv. Bright Yellow*), выявлено нелинейное изменение экспрессии генов, кодирующих субъединицы H^+-АТФазы тонопласта, согласующееся с соответствующим накоплением белка в составе мембраны в ходе роста растяжением. Впервые показано участие АСБ1 в регуляции работы тонопластной H^+-АТФазы на транскрипционном уровне.

Работа финансируется из средств гранта РФФИ 16-04-00743-а.

Regulation of the activity of tonoplast proton pump at the transcriptional level during elongation growth

Chen T., Kirpichnikova A.A., Romanyuk D.A., Yemelyanov V.V., Shishova M.F.
St. Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

Tonoplast H^+-ATPase and H^+-pyrophosphatase use energy released during the hydrolysis of ATP and pyrophosphate to generate an electrochemical gradient of protons on the vacuolar membrane. Together with the H^+-ATPase of plasmalemma, these enzymes are the most important components of the proton signaling and the pH-stat system of the cell. It is supposed that the proton pumps at tonoplast and plasma membrane participate in the realization of plant-specific growth by elongation. It is well known that auxin specifically stimulates the activity of the H^+-ATPase of plasmalemma, but there are no data on the regulation of proton ATPase of tonoplast.

The study was carried out on the cells of the tobacco suspension culture BY-2 (*Nicotiana tabacum* L. cv. *Bright Yellow*) of wild type and NAS line, characterized by a reduced content of auxin binding protein 1 (ABP1). Increased expression of genes encoding the subunits G1 and B of the tonoplast H^+-ATPase was observed on the 14th day of the development of the wild type BY-2 tobacco culture. This stage of development is characterized by the maximum elongation growth. On the contrary these genes were found to decrease expression in cells of NAS line which demonstrated to be much less intensive in growth. Western blot analysis revealed an elevation in the content of subunit B in the tonoplast of wild-type cells on 14th day. However, it was absent in the cells of the NAS line.

Thus, a nonlinear shift in the expression of genes encoding the subunits of tonoplast H^+-ATPase was revealed on the model system represented by synchronized cells of a suspension culture of tobacco BY-2 (*Nicotiana tabacum* L. cv. *Bright Yellow*). It was corresponding to the accumulation of subunit protein in the membrane during the elongation growth. The participation of ABP1 in the regulation of the tonoplast H^+-ATPase activity at the transcriptional level is shown for the first time.

The work is financed by RFBR grant 16-04-00743-a.

Повреждение белков и липидов растений в условиях аноксии и окислительного стресса

Шиков А.Е., Ласточкин В.В., Емельянов В.В., Чиркова Т.В.
Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
shik-999@inbox.ru

Кислородная недостаточность является одной из основных причин возникновения окислительного стресса. Этот процесс характеризуется накоплением активных форм кислорода в высоких концентрациях, что приводит к серьезным повреждениям мембран растительных клеток и может привести к значительным потерям урожая. Вследствие этого, изучение окислительного стресса является актуальной темой.

Объектами исследования были выбраны проростки риса (*Oryza sativa* L.) и пшеницы (*Triticum aestivum* L.). Окислительные повреждения вызывали воздействием аноксии и последующей реаэрации, а также окислительными агентами (метилвиолаген, менадион, перекись). Карбонилирование белков проверяли на спектрофотометре с окрашиванием динитрофенилгидразином. Уровень перекисного окисления липидов (ПОЛ) определяли по концентрации малонового диальдегида (МДА).

Было отмечено снижение интенсивности ПОЛ при аноксии. Реаэрация провоцировала накопление МДА в обоих растениях. У пшеницы интенсивность ПОЛ была выше, чем у риса. Наибольшая концентрация МДА у пшеницы была обнаружена при 24 ч реаэрации.

Уровень карбонилирования в побегах и корнях риса несколько возрастал с возвращением к контрольным

значениям в ходе длительных сроков реаэрации. В проростках пшеницы обнаружено накопление карбонилированных форм белков, более выраженное в корнях.

Таким образом, окислительный стресс, вызываемый аноксией и последующей реаэрацией, приводил к накоплению поврежденных форм липидов и белков у пшеницы, тогда как у риса данные повреждения были менее выражены, что обусловлено его большей устойчивостью к окислительному стрессу.

В опытах по использованию окислительных агентов на проростки пшеницы было показано, что аноксия с последующей реаэрацией оказывает более интенсивное воздействие на повреждение липидов по сравнению с менадионном, метилвиологеном и пероксидом водорода. В опытах по измерению карбонилирования существенной разницы отмечено не было.

Исследования поддержаны РФФИ 18-04-00157.

Damage of proteins and lipids in plants under anoxia and oxidative stress

Shikov A.E., Lastochkin V.V., Yemelyanov V.V., Chirkova T.V.
St. Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

Oxygen deficiency is one of the reasons of oxidative stress. Oxidative stress is characterized by the accumulation of a vast amount of reactive oxygen species (ROS), leading to severe plant membranes disruption and crop losses. For this reason, oxidative stress research is particularly relevant.

10-days old rice seedlings (*Oryza sativa* L.) and 7-days old wheat seedlings (*Triticum aestivum* L.) were used as plant materials. Experiments with anoxia, subsequent reoxygenation, and oxidative agents (metilviologen, menadione, hydrogen peroxide) were conducted. The degree of lipid peroxidation (LP) was estimated via MDA (malondialdehyde) level measurements. Protein carbonylation was evaluated by derivatization with 2,4-dinitrophenylhydrazine.

Imposition of anoxia lowered degree of LP. However, oxidative processes gradually increased during reaeration in both plants. In wheat LP was more pronounced. MDA concentration in wheat reaches its peak during long-term reaeration (24 h).

Rice roots and shoots manifested increase in carbonylation level with consequent reduction to control state. Wheat seedlings showed incremental rising of carbonylation level, which is more intensive in roots.

Thus, anoxia and subsequent reoxygenation in wheat induced severe oxidative stress, which led to accumulation of damaged lipids and proteins. However, there were hampered LP and oxidative modifications of cell proteins in rice, due to its resistance to oxidative stress.

Experiments with oxidative agents identified that anoxia with consequent reaeration induced more notable lipid damage in wheat, than metilviologen, menadione and hydrogen peroxide. Nevertheless, no essential difference in protein carbonylation was noted.

Research was supported by RFBR 18-04-00157.

МИКОЛОГИЯ И ЛИХЕНОЛОГИЯ

Феномен *Oomycota*

Змитрович И.В.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
izmitrovich@binran.ru

Группа грибоподобных организмов, известная под названиями *Oomycetes* (Winter, 1884), *Saprolegniomycota* (Зеров, Зерова, 1968), *Oomycota* (Leedale, 1974), *Oophyceae* (Зерова, Паламарь-Мордвинцева, 1981), *Pseudofungi* (Cavalier-Smith, 1986), *Peronosporomycota* (Dick, 2001) с момента ее описания и до настоящего времени привлекает интерес не только специалистов, но и многих других исследователей, интересующихся проблемами филогении низших эукариот, поскольку, будучи достаточно компактной группой (порядка 1000 видов) характеризуется значительной биоморфологической диверсификацией и демонстрирует примечательные примеры конвергенции с водорослями и грибами. В фокусе филогенетических исследований, связанных с этой группой, уже более столетия остаются уточнение ее взаимоотношений с другими группами гетероконтов, поиск наиболее рано дивергировавших и наиболее молодых ветвей, тенденций морфологической эволюции и экологической специализации группы, а в последние годы, в связи с успехами сравнительной геномики, изучаются также возможные эволюционные последствия горизонтального переноса генов истинных грибов в геном оомицетов и его влияние на экоморфологические особенности этих организмов. Попытаемся раскрыть наиболее существенные морфогенетические особенности «феномена *Oomycota*».

Мнимые и реальные автотрофные дериваты среди морфофункциональных характеристик *Oomycota*. Сходство вегетативных органов оомикот и сифоновых водорослей долгое время рассматривалось в качестве главного доказательства апохлоротической природы этой группы (Brefeld, 1889; Lotsy, 1907; Bessey, 1942). Другими, пусть и косвенными – опосредованными указаниями на несомненное родство оомикот с некоторыми автотрофными группами водорослей – предположениями о возможной апохлоротической природе оомикот явились морфология жгутиконосных стадий (Chadefaud, 1960; Зеров, Зерова, 1968; Barr, 1981), наличие целлюлозы в составе клеточной стенки (Fuller, Barshad, 1960; Bartnicki-Garcia, 1970), сходный со всеми автотрофными организмами путь синтеза лизина через α,ε-диаминопимелиновую кислоту (Vogel, 1965), запасной продукт β-1,3-глюкан миколаминарин, сходный по строению с аналогичными веществами бурых и диатомовых водорослей (Zevenhuizen, Bartnicki-Garcia, 1970; Bacic *et al*., 2009). Согласно интерпретации некоторых авторов, ассоциированные с кинетосомой микротельца, обнаруживаемые в зооспорах ряда оомицетов (К-тела) представляют редуцированный лейкопласт (Powell *et al*., 1985). Перечисленные указания не могут являться однозначными свидетельствами в пользу апохлоротической природы оомикот, поэтому в литературе последних десятилетий, помимо взгляда на оомикоты как апохолоротические водоросли хромофитного цикла (Зерова, Паламарь-Мордвинцева, 1981; Жуков, 1985; Zmitrovich, 2003), утверждался противоположный взгляд на оомикоты как исконно гетеротрофную группу, связанную с протеромонадным предком (Liepe *et al*., 1994; Дьяков, 2003).

В начале 2000-х гг. было показано, что в ядерном геноме оомикот обнаруживаются гены пластидного происхождения (например, ген 6-фосфоглюканатдегидрогеназы – *gnd*), сходные с таковыми диатомовых и бурых водорослей (Andersson, Roger, 2002), то есть предок оомикот был автотрофом (Cavalier-Smith, 2002). Однако достаточно быстро выяснилось, что пластидные гены обнаруживаются во всех группах хромальвеолят, в том числе считавшихся исконно гетеротрофными – например, у опалин и протеромонад. Это дает веское основание предполагать, что приобретение и утрата пластид в эволюции хромальвеолят происходили неоднократно, причем в эволюционной линии, ведущей к гетеротрофным морским гетероконтам и оомикотам, утрата пластид произошла на одноклеточном (предположительно амебоидном) уровне, и на одноклеточном же уровне произошло вторичное приобретение пластид предками охрофитовых водорослей, в то время как предковые формы оомикот оставались гетеротрофными (Cavalier-Smith, 2002, 2018; Cavalier-Smith, Scoble, 2013).

Таким образом, клеточная стенка была выработана в эволюции оомикот независимо от клеточной стенки охрофитовых водорослей.

Современные представления об эволюции и экологической диверсификации *Oomycota*. Привлечение в систематику данных по первичной структуре ДНК консервативных участков генома (гены *SSU, LSU, β-tub, COX1, COX2*), полногеномных сравнений экономически значимых видов позволили существенно продвинуться в реконструкции филогенеза оомикот, представления о котором в предшествующий «морфологический» период не были предметом консенсуса.

Вместе с охрофитами и гифохитриомикотами оомикоты формируют единую кладу HOOF, сестринскую кладе BOL, объединяющей бикозоэциды, опалинаты и лабиринтуловые слизевики. Внутри клады HOOF оомикоты кластеризуются с последовательностями, известными как MAST (морские страменопилы) (Lin *et al*., 2012; Cavalier-Smith, Scoble, 2013; Cavalier-Smith, 2018).

Этот отдел включает организмы с вегетативным телом в виде плазмодия, ризомицелия или чаще настоящего многоядерного мицелия, на большом протяжении не имеющего перегородок (перегородками отделяются только органы размножения и коллапсировавшие гифы). Клеточная стенка состоит из хитина и целлюлозы, погруженных в матрикс, образованный (1→3)-β/(1→6)β-глюканами и, как у настоящих грибов, строится путем секреции везикул. Митохондрии с трубчатыми или пузыревидными кристами. В жизненном цикле присутствует жгутиконосная зооспоровая стадия. Зооспоры одно- или двужгутиковые, обычно с двойной переходной спиралью и 4 микротрубочковыми корешками, из которых 2 направлены вперед и 2 – назад. Как и у большинства гетероконтов,

направленный вперед жгутик с двумя супротивными рядами трехчленных мастигонем, направленный назад – гладкий или с тонкими извилистыми волосками. У первичных зооспор жгутики располагаются апикально, у вторичных – латерально (Beakes *et al*., 2014). Большая часть жизненного цикла оомикот проходит в диплоидной фазе (Bryant, Howard, 1969), а половой процесс представляет собой не оогамию, как указывается в некоторых руководствах, но специфическую разновидность гаметангиогамии (Леонтьев, Акулов, 2002; Яковлев *и др*., 2017). В результате полового процесса образуются покоящиеся структуры, традиционно именуемые ооспорами.

«Молекулярные часы» свидетельствуют о происхождении оомикот в силурийском периоде (Matari, Blair, 2014). Древнейшие свидетельства нахождения оомицетоподобных структур относятся к девонскому периоду (Krings *et al*., 2011), причем фитопатогенные оомикоты отмечаются уже в каменноугольном периоде (Strullu-Derrien *et al*., 2011).

«Базальные оомикоты» (порядки *Eurychasmales*, *Haptoglossales*, *Olpidiopsidales*, *Rhipidiales*) представлены рядом голокарпических преимущественно морских родов, т. е. оомицеты имеют предположительно морское происхождение. Из выявленных на сегодняшний день таксонов роды *Eurychasma* и *Haptoglossa* являются наиболее древними. Это облигатные паразиты бурых водорослей (*Eurychasma*), коловраток и нематод (*Haptoglossa*), которые демонстрируют высокую степень специализации экструзионного аппарата, напоминающего таковой некоторых альвеолят (Beakes *et al*., 2006; Küpper *et al*., 2006; Hakariya *et al*., 2007; Sekimoto *et al*., 2008). По мнению Ю. Т. Дьякова (2012), паразитирование представителей порядка *Haptoglossales* на нематодах открыло оомикотам 2 наземные адаптивные зоны: 1) живые растения, и 2) растительный детрит в эстуариях, пресноводных водоемах и наземных экосистемах. При этом почвенные оомикоты также приспосабливались к колонизации вегетативных органов наземных растений.

Медиальная зона филогенетической радиации оомикот (порядки *Rhipidiales*, *Pythiales*, *Peronosporales*) включает все т. н. «пероноспороидные клады», считавшиеся долгое время вершиной эволюции оомикот, в то время как истинно кроновая группа оомикот представлена «сапролегниоидными кладами» (порядки *Atkinsiellales*, *Leptomitales*, *Saprolegniales*), экологическая диверсификация которых связана с пресноводными местообитаниями (Beakes *et al*., 2012, 2014). Медиальная и кроновая зоны филогенетического древа оомикот более или менее соответствуют широко признанным классам *Peronosporomycetes* и *Saprolegniomycetes*, в то время как ранг базальных групп оомикот до сих пор не определен.

О возможной роли горизонтального переноса генов в эволюции *Oomycota*. В самое последнее время, в связи с успехами сравнительной геномики, появились интересные данные, однозначно указывающие на перенос целого ряда генов настоящих грибов (преимущественно аскомикот) в геном патогенных оомицетов. Продукты этих генов представляют в основном секретируемый протеом, повышающий возможность разрушать растительную клеточную стенку, противостоять защитным механизмам атакуемого растения, а также извлекать из цитоплазмы растительной клетки сахара, фосфор и азот (Richards *et al*., 2011). Однако, эти события относятся к взаимоотношениям между довольно поздно дивергировавшими ветвями грибов и оомицетов, поэтому особенности архитектоники оомикот, в частности конвергентные с грибами, горизонтальным переносом генов объяснены быть не могут (Дьяков, Сидорова, 2014).

Тренды морфологической эволюции *Oomycota*. Как было упомянуто ранее, эволюция оомикот «в грибном направлении» начинается на уровне гетеротрофных (утерявших пластиды) амебоидных хромальвеолят и параллельна эволюции настоящих грибов. Как и у настоящих грибов, полярный гифальный рост оомикот мог реализовываться по схеме фиксации «однонаправленного изливания вовне» в ходе освоения растительных филаментов и псевдопаренхим и в дальнейшем поддерживался архитектоникой осваиваемых тканей растений-хозяев. Класс пероноспоровые (*Peronosporomycetes*) представляет предел эволюции оомикот, достигая развитых мицелиальных ценоцитных форм с укрепленной клеточной стенкой, дающей возможности освоить наземную среду в качестве деструктивных паразитов растений. Однако особенности клеточной пролиферации и состав оболочки не позволили этим организмам развиваться по пути дифференциации воздушного мицелия (Змитрович, 2010; Яковлев *и др*., 2017).

The phenomenon of *Oomycota*

Zmitrovich I.V.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

The *Oomycota* represent a peculiar chromalveolate group which evolving to osmo-heterotrophic life direction. The most primitive representatives of this group are holocapric and parasitizing the algae and nematodes. They are devoid of specific fungus-like features and have rather complex an extrusion apparatus reminiscent those of parasitic alveolates. In a phylogenetic aspect, the *Oomycota* form together with *Ochrophyta* and *Hyphochytriomycota* a monophyletic HOOF clade (*Hypochytriomycota*, *Oomycota*, *Ochrophyta*), the sister to clade BOL (*Bicosoecida*, *Opalinata*, *Labyrhintulida*). Inside the HOOF clade, the *Oomycota* are clustered with sequences known as MAST (marine stramenopiles). Some common features of *Oomycota* with autotrophic protists (in particular, some plastid genes, delegated to the nuclear genome) represent an evidence of a common autotrophic ancestor of chromalveolates, whereas ancestral forms of *Oomycota* were heterotrophic, having plastids lost at amoeboid level. Alike the true fungi, the polar hyphal growth in *Oomycota* could be realized according to the scheme of fixation of «unidirectional outflow» during colonizing plant filaments and pseudoparenchymas. The class *Peronosporomycetes* represents a certain limit of *Oomycota* evolution, reaching developed mycelial forms with a strengthened cell wall, which makes to possible the colonization of terrestrial habitats as destructive plant parasites. However, the features of cell proliferation, as well as cell wall composition, did not allow these organisms to develop in the way of aerial mycelium differentiation.

References:

Дьяков Ю.Т. 2003. Происхождение и эволюция эукариотных водорослей. В кн.: *XI Международное совещание по филогении растений*. М. С. 42–43.

Дьяков Ю.Т. 2012. Современная система бесцветных Stramenopila. *Микология и фитопатология* 46(2): 97–110.

Дьяков Ю.Т., Сидорова И.И. 2014. Закон гомологических рядов и его применимость для классификации грибов. *Микология и фитопатология* 48(2): 65–72.

Жуков Б.Ф. 1993. *Атлас пресноводных жгутиконосцев: (Биология, экология, систематика)*. Рыбинск, 160 с.

Зеров Д.К., Зерова М.Я. 1968. Основні напрямки еволюції грибних організмів. *Укр. бот. журнал* 25(5): 3–17.

Зерова М.Я., Паламарь-Мордвинцева Г.М. 1981. Новые интерпретации систематического положения оомицетов. В кн.: *Филогения низших растений*. М. С. 31–34.

Змитрович И.В. 2010. Эпиморфология и тектоморфология высших грибов. *Folia Cryptogamica Petropolitana*. No 5. 272 с.

Леонтьев Д.В., Акулов А.Ю. 2002. Генетическая рекомбинация у протистов: терминологическая ревизия. *Mycena* 1(2): 5–28.

Яковлев Г.П., Гончаров М.Ю., Повыдыш М.Н., Змитрович И.В., Андреев М.П. 2017. *Ботаника: учебник для вузов*. СПб. 872 с.

Andersson JA, Roger AJ. 2002. A cyanobacterial gene in non-photosynthetic protists – an early chloroplast acquisition in eukaryotes. *Curr. Biol.* 12(2): 115–119.

Bacic A, Fincher GB, Stone BA. 2009. *Chemistry, biochemistry and biology of (1→3)-β-glucans and related polysaccharides*. Burlington etc., 693 p.

Bartnicki-Garcia S. 1970. Cell wall composition and other biochemical markers in fungal phylogeny. In: *Ed. Harborne B. Phytochemical phylogeny*. L.; N. Y., pp. 81–103.

Barr DJS. 1981. The phylogenetic and taxonomic implications of flagellar rootlet morphology among zoosporic fungi. *Biosystems* 14: 359–370.

Beakes GW, Glockling SL, James TY. 2006.The diversity of oomycete pathogens of nematodes and its implications to our understanding of oomycete phylogeny. *Proc. VIII Int. Mycol. Congress*. Medimond, pp. 7–12.

Beakes GW, Glockling SL, Sekimoto S. 2012. The evolutionary phylogeny of the oomycete «fungi». *Protoplasma* 249: 3–19.

Beakes GW, Honda D, Thines M. 2014. Systematics of the Straminipila: Labyrinthulomycota, Hyphochytriomycota, and Oomycota. In: *K. Esser (ed.) The Mycota. VII. Pt A*. Heidelberg etc., pp. 39–87.

Bessey EA. 1942. Some problems in fungus phylogeny. *Mycologia* 34: 355–379.

Brefeld O. 1889. *Untersuchungen aus dem Gesammtgebiete der Mycologie.VIII*. Leipzig, 305 s.

Bryant TR, Howard KL. 1969. Meiosis in Oomycetes. I. A microspectrophotometric analysis of nuclear deoxyribonucleic acid in Saprolegnia terrestris. *Amer. J. Bot*. 56: 1075–1083.

Cavalier-Smith T. 1986. The kingdom Chromista: origin and systematics. In: *FE Round, DJ Chapman (eds). Progress in phycological research, vol. 4*. Bristol, pp. 309–347.

Cavalier-Smith T. 2002. Chloroplast evolution: secondary symbiogenesis and multiple losses. *Curr. Biol*. 12(2): 62–64.

Cavalier-Smith T. 2018. Kingdom Chromista and its eight phyla: a new synthesis emphasising periplastid protein targeting, cytoskeletal and periplastid evolution, and ancient divergences. *Protoplasma* 255: 297–357.

Cavalier-Smith T, Scoble JM. 2013. Phylogeny of Heterokonta: Incisomonas marina, a uniciliate gliding opalozoan related to Solenicola (Nanomonadea), and evidence that Actinophryida evolved from raphidophytes. *Eur. J. Protistol*. 49(3): 328–353.

Chadefaud M. 1960. *Les végétaux non vasculaires (Cryptogamie)*. Eds. M. Chadefaud, L. Emberger Traité de Botanique Systématique. T. 1. Paris, 1018 p.

Dick MW. 2001. *Straminipilous fungi: Systematics of the Peronosporomycetes including accounts of the marine straminipilous protists, the plasmodiophorids and similar organisms*. Dordracht, 670 p.

Fuller MS, Barshad J. 1960. Chitin and cellulose in cell walls of Rhizidiomyces sp. *Amer. J. Bot*. 47: 105–109.

Hakariya M, Hirose D, Tokumatsu S. 2007. A molecular phylogeny of Haptoglossa species, terrestrial peronosporomycetes (oomycetes) endoparasitic on nematodes. *Mycoscience* 48: 169–175.

Liepe DD, Wainright PO, Gunderson JH, Porter D, Patterson DJ, Valois F, Himmerich S, Sogin ML. 1994. The stramenopiles from a molecular perspective: 16S-like rRNA sequences from Labyrinthuloides minuta and Cafeteria roenbergensis. *Phycologia* 33: 369–377.

Lin YuCh, Campbell T, Chung ChCh, Gong GCh, Chiang HP, Worden AZ. 2012. Distribution patterns and phylogeny of marine stramenopiles in the North Pacific Ocean. *Appl. Envir. Microbiol*. 78(9): 3387–3399.

Lotsy JP. 1907. *Vorträge über Botanische Stammesgeschichte. Erster band: Algen und Pilze*. Jena, 828 s.

Krings M, Taylor TN, Dotzler N. 2011. The fossil record of the Peronosporomycetes (Oomycota). *Mycologia* 103: 455–457.

Küpper FC, Maier I, Müller DG, Loiseaux-de Goer S, Guillou L. 2006. Phylogenetic affiniities of two eukaryotic pathogens of marine macroalgae, Eurychasma dicksonii (Wright) Magnus and Chytridium polysiphoniae Cohn. *Cryptogamie Algologie* 27: 165–184.

Matari NH, Blair JE. 2014. A multilocus timescale for oomycete evolution estimated under three distinct molecular clock models. *BMC Evol. Biol*. 14: 101.

Powell MJ, Lehnen LP, Bortnick RN. 1985. Microbody-like organelles as taxonomic markers among Oomycetes. *BioSystems* 18: 321–334.

Sekimoto S, Beakes GW, Gachon CMM, Müller DG, Küpper FC, Honda D. 2008. The development, ultrastructural cytology, and molecular phylogeny of the basal oomycete Eurychasma dicksonii, infecting the filamentous phaeophyte algae Ectocarpus siliculosus and Pylaiella littoralis. *Protist* 159: 401–412.

Strullu-Derrien C, Kenrick P, Rioult JP, Strullu DG. 2011. Evidence of parasitic Oomycetes (Peronosporomycetes) infecting the stem cortex of Carboniferous seed fern Lyginopteris oldhamia. *Proc. Bol. Sci*. 278: 675–680.

Winter G. 1884. Die Pilze. In: *Rabenhorst's Kryptogamen-Flora von Deutschland, Oesterreich und der Schweiz. 2te Aufl., I, 1*. Leipzig, 152 s.

Zevenhuizen LP, Bartnicki-Garcia S. 1970. Structure and role of a soluble cytoplasmic glucan from Phytophthora cinnamomi. *J. Gen. Microbiol*. 61(2): 183–188.

Zmitrovich IV. 2003. A revised eukaryote tree: the case for a euglenozoan root. *International Journal on Algae* 5(2): 1–38.

Лишайники в природоохранной практике

Кузнецова Е.С., Гимельбрант Д.Е.
Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
igel_kuzn@mail.ru, d_brant@mail.ru

Общеизвестно, что лишайники, являющиеся чувствительными индикаторами изменений в окружающей среде, могут быть использованы для оценки уровня атмосферного и радиоактивного загрязнения (Бязров, 2002). Однако такие особенности лишайников, как мелкие размеры, пойкилогидричность, значительная продолжительность жизни, низкая скорость роста и расселения делают их еще и хорошими индикаторами определенных сукцессионных стадий развития лесных (и не только) экосистем. Так, известно, что значительные по площади куртины *Cladonia stellaris* маркируют сосновые леса, не горевшие последние 80–120 лет (Ahti, 1977). Присутствие в сообществе таких видов, как *Arthonia vinosa* и *Cladonia parasitica* говорит о том, что лес не подвергался каким-либо существенным нарушениям на протяжении времени, сопоставимого с возрастом старшего поколения деревьев (100–200 лет). Комплекс видов, включающий *Acolium karelicum, Lecanactis abietina* и *Ramalina thrausta*, на Северо-Западе Европейской России может быть встречен только в малонарушенных или ненарушенных лесах, условия среды в которых приближаются к характеристикам климаксового сообщества, а его возраст превышает 250–300 лет. Похожими индикаторными свойствами обладают мохообразные, некоторые группы грибов, насекомых и моллюсков (Выявление…, 2009 а, б). Для целей выявления старовозрастных малонарушенных лесов лишайники и мохообразные оказываются более удобными объектами, чем грибы и беспозвоночные животные, так как, являясь фотоавтотрофами, они не «прячутся» от исследователя в почву или древесину и не связаны с сезонными явлениями. Опытный лихенолог или бриолог, подробно обследовав какой-либо выдел, может быть уверен, что достаточно полно выявил разнообразие лишайников или мохообразных. Флора сосудистых растений и фауна позвоночных животных не отличаются высоким разнообразием в таежных лесах, находящихся на климаксовых стадиях развития, и, за редким исключением, практически не содержат видов, узкоспециализированных к старовозрастным лесам.

Конечно, нельзя сказать, что существуют две разграниченные группировки видов, обитающих только в старовозрастных малонарушенных и в нарушенных либо вторичных лесах. Существует плавный градиент от группы видов, более или менее индифферентных к возрасту и степени нарушенности древостоев, до тяготеющих к старовозрастным лесам (индикаторные виды) и жестко с ними связанных (специализированные виды) (Выявление..., 2009 а, б). Кроме того, одни и те же виды меняют свою индикаторную значимость при продвижении как по широтному, так и по долготному градиенту. Например, *Alectoria sarmentosa*, являющийся индикаторным видом в Ленинградской и Новгородской областях, утрачивает свои индикаторные свойства на территории Карелии (Выявление…, 2009 а, б). Особенно интересен в этом отношении Дальний Восток. На Камчатке для старовозрастных еловых и каменноберезовых лесов можно выделить комплекс видов, связанных с длительной временной и значительной пространственной непрерывностью сообществ. Одними из наиболее ценных видов этого комплекса являются, например, *Erioderma pedicellatum* и *Usnea longissima*. В то же время в Приморском крае мезоклиматические условия, по-видимому, более благоприятны для лесных видов лишайников, поэтому многие индикаторные и специализированные виды других регионов (в том числе и *U. longissima*) теряют здесь столь жесткую приуроченность к специфическим (микро)местообитаниям и более стабильному микроклимату старовозрастных малонарушенных лесов. Эти региональные особенности экологии видов необходимо учитывать при создании как территориально адаптированных методик выявления биологически ценных сообществ, так и списков охраняемых видов.

Рост интенсивности лесозаготовок и пожары способствуют ускоренному сокращению площади старовозрастных малонарушенных и ненарушенных лесов с естественной динамикой, что приводит к значительному сокращению площадей ареалов жестко связанных с ними видов. Во многих регионах России остались лишь относительно небольшие по площади фрагменты этих сообществ. Целый ряд видов, например *U. longissima* или лесные виды рода *Sticta*, исчез или оказался на грани вымирания в регионах своего исторического распространения. Такие виды, очевидным образом, требуют охраны путем занесения их в региональные и федеральную Красные книги (КК). В свою очередь охрана комплекса этих видов зачастую является единственным юридическим инструментом для защиты крайне уязвимых и становящихся все более редкими сообществ. Охрана природы возможна двумя путями – через охрану видов и через охрану сообществ. Как мы видим, эти два пути тесно взаимосвязаны.

Не всегда легко провести границу между видами, нуждающимися в мерах охраны, и видами, которым в ближайшее время ничего не угрожает. Нередко единственным критерием занесения вида в КК становится малое число известных местонахождений. Однако далеко не каждый редкий вид заслуживает охраны. Есть целый комплекс естественно редких видов лишайников, обитающих как в малонарушенных сообществах, так и в антропогенно измененных местообитаниях. К числу таких видов в Ленинградской области относятся, например, *Protoparmelia oleagina* и *Tuckermannopsis ciliaris*. Малое количество местонахождений может быть также связано с состоянием изученности региона. Например, в КК Ленинградской области (2000) был занесен вид *Bryoria nadvornikiana*, известный на тот момент из шести местонахождений. В настоящее время понятно, что этот вид не является редким в регионе (известно более 50 местонахождений), в большинстве случаев не связан с уникальными сообществами и не относится к числу угрожаемых, а потому не требует специальных мер охраны. В других же случаях значительное количество современных местонахождений не обязательно свидетельствует о стабильном

состоянии популяции и отсутствии угрозы исчезновения. Например, вид *Chaenotheca subroscida* известен в Ленинградской области из значительного числа местонахождений (около 90), однако практически все они расположены на крайнем ее востоке в уже немногочисленных и занимающих ограниченную площадь фрагментах малонарушенных старовозрастных темнохвойных лесов, площадь которых ежегодно сокращается.

Формальное сравнение количества известных современных и исторических местонахождений также может привести к ошибочным выводам. Например, *Arthonia spadicea* по современным данным известен из 20 местонахождений на территории Ленинградской области, тогда как по данным XIX и первой половины XIX века – только из трех. Такая диспропорция в этом случае является следствием того, что лишь в XXI начались планомерные и широкомасштабные лихенофлористические исследования в регионе, а не о том, что вид стал более обычным вопреки интенсивному сокращению площади подходящих местообитаний.

В настоящее время остро стоит вопрос о необходимости охраны *Lobaria pulmonaria* на территории Российской Федерации (РФ). Исходя из формальных оценок, в его охране нет необходимости: ареал вида широк, известны многие сотни современных и исторических местонахождений. Однако следует учитывать, что вид обитает в смешанных, еловых и широколиственных лесах средних и поздних стадий сукцессии, а вследствие хозяйственной деятельности человека площадь таких лесов неуклонно сокращается. Совершенно очевидно, что сокращается как число местонахождений, так и площади области обитания и области распространения вида (IUCN..., 2012). Во многих регионах России, где интенсивные лихенологические исследования не проводились, отсутствуют адекватные списки нуждающихся в охране видов, в связи с чем *L. pulmonaria* как вид, охраняемый на федеральном уровне, может выступать в качестве единственного «защитника» целого ряда биологически ценных лесных сообществ.

В отношении некрупных, особенно споровых, организмов, в России даже среди специалистов все еще распространено мнение, что мелкие и сложные виды, например, накипные лишайники, работники лесного хозяйства, чиновники и другие неспециалисты опознать не смогут, поэтому и охранять их не стоит. Таким образом, в списках охраняемых видов могут оказываться только крупные и заметные виды. Представим себе на секунду пожарную бригаду, которая вытаскивает из огня только красивых девушек или своих знакомых. Одобрим ли мы деятельность таких профессиональных «спасателей»? Этот подход ошибочен еще и потому, что легкость определения макролишайников по сравнению с накипными является иллюзией неспециалистов: хотя крупные лишайники легче обнаружить в природе, идентификация ряда из них (в том числе нуждающихся в охране) может вызвать серьезные затруднения даже у опытного лихенолога. Следует также помнить, что КК, согласно действующим положениям о них, создаются экспертами в различных областях изучения биоразнообразия и ориентированы, в первую очередь, на решение природоохранных задач профессиональными методами и с привлечением специалистов. При планировании какого-либо вмешательства в окружающую среду предварительная оценка воздействия на нее также должна осуществляться экспертами по всем основным группам биоты, которые на основании федеральной и региональной КК смогут оценить потенциальный ущерб, наносимый биоразнообразию.

Недостатком действующей КК РФ (2008) и региональных КК является их взаимная несогласованность: зачастую отсутствует четкая единая система критериев для отнесения видов к той или иной категории. Оптимальным вариантом является система категорий и критериев МСОП (IUCN..., 2012), разработанная и опубликованная в 1994 г. и с тех пор зарекомендовавшая себя как эффективный инструмент для отбора и ранжирования нуждающихся в охране видов разных таксономических групп, как на мировом, так и на региональном уровне. Опыт создания региональных КК на основе категорий и критериев МСОП в РФ, к сожалению, пока очень небольшой: с использованием этого подхода были подготовлены списки охраняемых видов Камчатки (Красная..., 2007), Мурманской области (Красная..., 2014), Санкт-Петербурга (готовится к печати, список утвержден в 2014 г.) и Ленинградской области (список не утвержден).

При ответственном подходе к подготовке списка лишайников для занесения в региональные и федеральную КК может быть создан хороший рабочий инструмент для охраны не только собственно видов, но, в значительной степени, редких и исчезающих сообществ. Разработка и внедрение регионально адаптированных методик выявления биологически ценных сообществ способны создать научно обоснованную технологию для природоохранной деятельности.

Lichens in nature conservation

Kuznetsova E.S., Himelbrant D.E.
St. Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

It is common knowledge that lichens, which are sensitive indicators of changes in the environment, can be used to measure the level of atmospheric and radioactive pollution (Byazrov, 2002). However, such features of lichens as small size, poikilohydry, significant lifespan, low speed of growth and dispersal make them also good indicators of certain succession stages of plant (not only forest) communities. For example, it is known that *Cladonia stellaris* is typical for pine forests that have not been burnt for the last 80–120 years (Ahti, 1977). The presence in the community of such species as *Arthonia vinosa* and *Cladonia parasitica* suggests that the forest has not been significantly disturbed during the life of oldest tree generation (100–200 years). The species set, including *Acolium karelicum*, *Lecanactis abietina* and *Ramalina thrausta*, in the Northwest of European Russia can only be found in intact forests that are close to climax communities, and their age exceeds 250–300 years. Bryophytes, some groups of fungi, insects and molluscs (Andersson *et al*., 2009 a, b)

have similar indicator properties. For the purpose of identifying old-growth intact forests, lichens and bryophytes are more convenient objects than fungi and invertebrates, since they are not "hiding" from the researcher in soil or wood and are not connected with seasonal fluctuations. An experienced lichenologist or bryologist, having examined in detail any area, can be sure that he has sufficiently revealed the diversity of lichens or bryophytes. The flora of vascular plants and the fauna of vertebrates are not very diverse in old-growth taiga forests, and with few exceptions, they almost do not contain species that are highly specialized to old-growth forests.

Of course, there are not two clearly distinguished groups of species that inhabit only old-growth intact forests and, alternatively, only disturbed or secondary forests. There is a smooth transition from a group of species that are more or less indifferent to age and the disturbance of forests, to species preferring old-growth forests (indicator species) and strongly associated with them (specialized species) (Andersson *et al*., 2009 a, b). In addition, the same species change their indicator significance when moving along both latitude and longitude. For example, *Alectoria sarmentosa*, which is an indicator species in the Leningrad and Novgorod regions, loses its indicator properties in Republic of Karelia (Andersson *et al*., 2009 a, b). Of particular interest is the Russian Far East. In Kamchatka, a number of species associated with communities with long ecological continuity can be distinguished for old-growth spruce and stone-birch forests. Some of the most valuable species of this range are, for example, *Erioderma pedicellatum* and *Usnea longissima*. At the same time in the Primorsky Kray mesoclimatic conditions appear to be more favorable for forest lichen species, therefore many species that are indicator and specialized for undisturbed forests in other regions (including *U. longissima*) lose here such a strict relationship with specific (micro-) habitats and relatively stable microclimate of old-growth intact forests. These regional features of species ecology should be taken into account when creating both geographically adapted methods for identifying biologically valuable communities and lists of regionally protected species.

The increased intensity of logging and forest fires accelerate the loss of old-growth intact and undisturbed forests with natural dynamics, which leads to a significant reduction of ranges of strictly related species. In many regions of Russia, only relatively small fragments of such communities remained. A number of species, for example, *U. longissima* or forest species of the genus *Sticta*, disappeared or became critically endangered in the regions of their historical distribution. Such species, obviously, require protection by including them into the regional and federal Red Data Books. In turn, the protection of these species is often the only legal instrument for protecting highly vulnerable and increasingly rare communities. Nature protection is possible in two ways – through the protection of species and through the protection of communities. As we see, these two ways are closely interrelated.

It is not always easy to draw the distinguishing line between species that need protection measures and species that are not threatened in the near future. Often the only criterion for including a species in the red data book is a small number of known locations. However, not every rare species need in protection. There is a range of naturally rare lichen species that inhabit both intact communities and anthropogenically changed habitats. Among such species in the Leningrad Region are, for example, *Protoparmelia oleagina* and *Tuckermannopsis ciliaris*. A small number of locations may also be related to the current research status in the region. For example, in the Red Data Book of the Leningrad Region (2000) the species *Bryoria nadvornikiana*, known at that time from six locations, was listed. Now it is clear that this species is not rare in the region (more than 50 locations are known), in most cases it is not connected with unique communities and does not belong to the number of threatened species, and therefore does not require special protection measures. On the other hand, a significant number of modern localities do not necessarily reflect a stable state of the population and absence of threat to survival. For example, the species *Chaenotheca subroscida* is known in the Leningrad Region from a significant number of localities (about 90), but almost all of them are situated in the most eastern part of the region in few and fragmented sites of old-growth dark-coniferous forests, the area of which is being reduced each year.

A formal comparison of the number of known contemporary and historical locations can also lead to erroneous conclusions. For example, *Arthonia spadicea* is known from 20 contemporary locations on the territory of the Leningrad Region, whereas according to the data of the XIX and the first half of the XIX century – only from three “historical” locations. Such disproportion in this case is a consequence of the fact that comprehensive studies of lichen flora in the region began only in the XXI century, and doesn't mean that the species became more common despite the intensive reduction of the area of suitable habitats.

At present, there is a pressing issue whether *Lobaria pulmonaria* should be protected in the territory of the Russian Federation. Based on assessments, there is no reason for its protection: the range of species is wide, many hundreds of contemporary and historical localities are known. However, it should be taken into account that the species inhabits mature and old-growth mixed, spruce and broad-leaved forests, and due to the anthropogenic press the area of such forests is steadily declining. Clearly that the number of locations, area of occupancy and extent of occurrence (IUCN..., 2012) are decreasing as well. In many regions of Russia, where intensive lichenological studies have not been conducted, there are no adequate lists of threatened species, so *L. pulmonaria*, as a species protected at the federal level, can act as the only "shield" for a number of biologically valuable forest communities.

It is widely believed in Russia (with regard to small, especially cryptogamic organisms), that foresters, government officials and other non-experts can’t identify small and difficult species, such as crustose lichens, and therefore it is not necessary to protect them. Thus, only large and conspicuous species can be included in the red lists. Imagine the fire brigade, which pulls out of the fire only beautiful girls or friends. Will we approve the activities of such professional "rescuers"? This approach is wrong also because of the ease of determining macrolichens compared with crustose is an illusion: although large lichens are easier to find in nature, the identification of a number of them (including threatened ones) can cause serious difficulties even for experienced lichenologists. It should also be remembered that the red data books, under current regulations, are created by experts in various fields of biodiversity and are focused, first of all, on solving environmental problems by professional methods with the participation of specialists. When planning any kind of

interference in the environment, preliminary impact assessment should also be carried out by experts in all major groups of biota who are can assess the potential damage to biodiversity basing on the federal and regional red data books.

The disadvantage of the current Red Data Book of Russian Federation (2008) and regional red data books is a lack of coherence: often there is no clear unified system of criteria for assignment species to categories. The best option is IUCN system of categories and criteria (IUCN..., 2012), developed and published in 1994 and since established itself as an effective tool for evaluation of threatened species of different taxonomic groups, both in the world and at the regional level. The experience of creating regional red data books based on IUCN categories and criteria in the Russian Federation, unfortunately, is very little: only the lists of protected species of Kamchatka (Krasnaya..., 2007), the Murmansk Region (Krasnaya..., 2014), St. Petersburg (it is getting ready for printing, the list was approved in 2014) and the Leningrad Region (the list is not approved) have been prepared on the base of this approach.

With a responsible approach to the preparation of a list of lichens for inclusion in regional and federal red data books, a good working tool can be created to protect not only the species themselves but, to a large extent, rare and endangered communities. The development and implementation of regionally adapted methods for identifying biologically valuable communities can create scientifically validated technology for environmental protection.

References:

[Andersson *et al.*] 2009a. *Выявление и обследование биологически ценных лесов на Северо-Западе Европейской части России*. Т. 1. Методика выявления и картографирования / Под. ред. Л. Андерссона, Н.М. Алексеевой, Е.С. Кузнецовой. СПб. 238 с.

[Andersson *et al.*] 2009б. *Выявление и обследование биологически ценных лесов на Северо-Западе Европейской части России*. Т. 2. Пособие по определению видов, используемых при обследовании на уровне выделов / Под. ред. Л. Андерссона, Н.М. Алексеевой, Е.С. Кузнецовой. СПб. 258 с.

IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. Second edition. 2012. Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 32 p.

Микогетеротрофия и миксотрофия: когда грибы – хозяева растений

Малышева В.Ф., Малышева Е.Ф.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
v_malysheva@binran.ru, e_malysheva@binran.ru

Взаимодействия грибов и растений в природе очень разнообразны, от паразитических до взаимовыгодных мутуалистических. Одним из самых распространенных и важных видов симбиотических взаимоотношений является микориза. Практически 80% всех наземных растений ассоциированы с микоризными грибами (Smith, Read, 2008). В обычных микоризных ассоциациях гриб использует фотосинтетический углерод и в награду обеспечивает растение минеральными ресурсами (главным образом N, P, водой), которые добывает из субстрата. Таким образом, взаимовыгодный обмен очень важен обоим партнерам, и данная взаимосвязь особенно актуальна в местах обитания с ограниченными источниками питания. При этом одно растение может одновременно быть связано с несколькими грибами, а один гриб может формировать симбиоз с несколькими растениями, что приводит к созданию сложных сетей.

Однако не все взаимодействия между растениями и микоризными грибами являются симбиотическими. Соотношение затрат и выгод для растений и микоризных грибов может варьировать в зависимости от факторов окружающей среды или стратегии жизни самих симбионтов, а ответы на эти факторы могут меняться от положительного и нейтрального до отрицательного. Некоторые растения, так называемые микогетеротрофы (МГ), не обладают хлорофиллом и, следовательно, способностью к фотосинтезу. Вместо этого многие из них действуют как эпипаразиты на микоризных грибах и получают все необходимое питание от своих грибных хозяев (Björkman, 1960; Leake, 1994), что позволяет им колонизировать глубоко затененные лесные местообитания. Это трехстороннее взаимодействие подразумевает, что МГ растения косвенно паразитируют на соседних автотрофных растениях (главным образом деревьях) через специализированные микоризные связи (Leake, 1994). В настоящее время известно более 400 видов МГ растений из 11 семейств, большинство из которых имеют тропическое распространение, но есть также те, которые распространены в умеренной зоне, например, представители *Ericaceae* и некоторых видов орхидей. При этом наиболее хорошо изученным МГ-растением является *Monotropa hypopitys* (*Ericaceae*) (Leake, 2004; Bidartondo, 2005).

Некоторые растения характеризуются микогетеротрофным питанием лишь на начальных стадиях онтогенеза, при прорастании семян и развитии сеянцев, до того, как они станут зелеными. Подобная «первоначальная микогетеротрофия» известна у некоторых базальных линий растений, размножающихся спорами (например, у папоротников *Psilotum* и *Ophioglossum*), а также у семенных растений, продуцирующих очень мелкие пылевидные семена с недостатком ресурсов для прорастания и поэтому нуждающихся в грибном углероде. Первоначальная микогетеротрофия может перерасти в итоге в нормальные мутуалистические взаимодействия, поскольку гриб вознаграждается С, когда растения становятся взрослыми (гипотеза «возьмите сейчас, оплатите позже») – как показано для некоторых папоротников (*Ophioglossum vulgatum*) (Field *et al*., 2015). Но также показано, что очень многие зеленые растения умеренной зоны, которые на начальных этапах имеют микогетеротрофный тип питания, остаются и в зрелом состоянии частично микогетеротрофными, поскольку продолжают получать С от грибного партнера, а не только как продукт фотосинтеза (Selosse, Roy, 2009; Hynson *et al*., 2013). Такая стратегия питания, когда взрослое зеленое растение получает С из двух источников, была открыта лишь в начале нашего века (Gebauer, Meyer, 2003; Bidartondo *et al*., 2004; Julou *et al*., 2005). Она названа

миксотрофией (МС), поскольку совмещает в себе автотрофный тип питания и гетеротрофию. Явление миксотрофии было первоначально открыто у орхидных, однако потом стало известно, что данная трофическая стратегия характерна и для грушанковых (из подтрибы *Pyroleae* семейства *Ericacea*). Хотя орхидные и грушанковые – наиболее известные модельные объекты изучения данного феномена, все больше данных свидетельствуют о том, что он распространен в растительном мире значительно шире.

Двумя ключевыми инструментами, которые способствовали открытию и изучению МГ (и МС) растений, являются методы анализа стабильных изотопов и молекулярные методы, используемые для идентификации грибных хозяев. Используя стабильные изотопы, можно проследить источник конкретных питательных веществ в пищевых цепях и исследовать потоки в экосистемных процессах. Фракционирование изотопов является общим явлением в биохимических процессах, оно приводит к накоплению более тяжелых изотопов в высших трофических уровнях. Это означает, что организмы обычно имеют сходные изотопные подписи (особенно ^{13}C) с их источником пищи («вы есть то, что едите»). Исследования МГ и МС растений показывают, что МГ растения имеют изотопную подпись, более сходную с таковой микоризных грибов, в то время как МС растения чаще всего находятся в диапазоне между МГ и автотрофными растениями по данному показателю (Trudell *et al.,* 2003; Julou *et al*., 2005; Tedersoo *et al*., 2007).

Показано, что микогетеротрофия эволюционировала независимо более 40 раз в растительных линиях, и это было подтверждено для печеночных мхов, однодольных и вересковых (Leake, 1994). Поскольку множественные эволюционные пути привели к развитию этого конвергентного признака, вероятным сценарием является то, что гетеротрофные растения выигрывают от этой взаимосвязи, но выигрывают ли и как от этого грибные хозяева или связанные с ними автотрофы не изучено. Часто эту тройную связь называют «нечестивым альянсом», поскольку вовлеченные автотрофные растения не могут противостоять «паразитам» на микоризе.

Большинство МГ и МС растений доказали свою исключительную специфичность в отношении своих грибных симбионтов (Bidartondo, Bruns, 2002; Bidartondo, Read, 2008). Широкое разнообразие грибов из различных таксономических групп эксплуатируются такими растениями, включая грибы из Glomeromycota, ризоктония-подобные гетеробазидиомицеты (*Ceratobasidium, Thanatephorus, Sebacina, Tulasnella*), а также кортициоидные и агарикоидные базидиомицеты (*Tomentella, Russula, Rhizopogon, Tricholoma, Armillaria*). Частично и полностью МГ орхидеи, как было установлено, ассоциированы с образующими эктомикоризу аскомицетами (например, *Tuber* и *Wilcoxina*) и с некоторыми эктомикоризными базидиомицетами (Bidartondo *et al*., 2004), так что выходит, что все основные грибные группы так или иначе эксплуатируются микогетеротрофами.

Остаются открытыми вопросы: являются ли МГ и МС растения эпипаразитами на микоризных сетях или эти отношения все же носят мутуалистический характер? какова реальная широта распространения явления микогетеротрофии (и миксотрофии) в растительном мире? каков и от чего зависит состав грибных партнеров МГ и МС растений? Текущие выводы в отношении стратегий накопления питательных веществ МГ растениями основаны на ограниченном числе исследований с заметным уклоном в сторону МГ растений умеренных широт, где преобладают эктомикоризы. Поэтому остается неизвестным, сходна ли физиология взаимодействий МГ растений с грибами эктомикоризы и арбускулярной микоризы, при том, что последний тип симбиоза наиболее распространен в тропиках.

В рамках данной темы в 2016 г. нами начато изучение некоторых аспектов миксотрофии трех видов грушанковых растений (*Orthilia secunda, Pyrola media, P. rotundifolia*) и одного вида зеленой орхидеи (*Goodyera repens*). Показана взаимосвязь модельных растений с древесными породами через общие виды грибов (Малышева *и др.*, 2017). Изучены изотопные подписи, свидетельствующие об очевидной миксотрофии грушанковых растений и возможном миксотрофном питании *Goodyera repens*.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ, проект № 16-04-01468.

Mycoheterotrophy and mixotrophy: when fungi – hosts of plants

Malysheva V.F., Malysheva E.F.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

There are many types of interaction of fungi and plants in nature, and they vary from parasitic to mutualistic. Mycorrhiza is one of the most common and important types of symbiotic relationships. Almost 80% of all terrestrial plants are associated with mycorrhizal fungi (Smith, Read, 2008). In typical mycorrhizal relationships the fungus uses photosynthetic carbon and, as a reward, provides the plant with mineral resources (mainly N, P and water) that it extracts from the substrate. Thus, mutually beneficial exchange is very important for both partners, and this relationship is especially relevant in habitats with limited sources of nutrition. One plant can simultaneously be associated with several fungi, and one fungus can form a symbiosis with several plants, which leads to the creation of complex interaction networks.

However, not all types of relationship between plants and mycorrhizal fungi are symbiotic. The cost-benefit ratio for plants and mycorrhizal fungi can vary depending on environmental factors or the life strategies of the symbionts themselves, and the responses to these factors can vary from positive and neutral to negative. Some plants, the so-called mycoheterotrophs (MH), do not have a chlorophyll and, consequently, the photosynthesis ability. Instead, many of them live as epiparasites on mycorrhizal fungi and receive all necessary nutrition from their fungal hosts (Björkman, 1960, Leake, 1994) that allows them to colonize shaded forest habitats. This three-way interaction implies that MH plants indirectly parasitize on neighboring autotrophic plants (mainly trees) through specialized mycorrhizal connections (Leake, 1994). Currently, more than 400 species of MH plants from 11 families are known, most of which have a tropical

distribution, but there are also those that are common in the temperate zone, for example, representatives of Ericaceae and some species of orchids. The most well studied MH plant is *Monotropa hypopitys* (*Ericaceae*) (Leake, 2004; Bidartondo, 2005).

Some plants are characterized by mycoheterotrophic nutrition only at an early ontogeny, at the stages of germination of seeds and the development of seedlings, before they become green. Such "initial mycoheterotrophy" is known in some basal lines of spore plants (for example, in the ferns of *Psilotum* and *Ophioglossum*) as well as in seed plants producing very small dust-like seeds with a lack of resources for germination which have need therefore in fungal carbon. The initial mycoheterotrophy can eventually grow into normal mutualistic interactions, since the fungus is rewarded with C when the plants become adults (hypothesis "take now, pay later") – as shown for some ferns (*Ophioglossum vulgatum*) (Field *et al*., 2015). It is also shown that many green plants of the temperate zone, which characterized by a mycoheterotrophic trophic strategy at their initial stages of development, remain partially mycoheterotrophic in adulthood, since they continue to receive C from the fungal partner but not only as a product of photosynthesis (Selosse, Roy, 2009; Hynson *et al*., 2013). This nutrition strategy, when an adult green plant receives C from two sources simultaneously, was discovered only at the beginning of this century (Gebauer, Meyer, 2003; Bidartondo *et al*., 2004; Julou *et al*., 2005). It was called mixotrophy (MX), since it combines an autotrophic type of nutrition and heterotrophy. The phenomenon of mixotrophy was originally discovered from orchids, but later it became known that this trophic strategy is also common to pyroloids (from the subtribe *Pyroleae* of the family *Ericacea*). Although orchid and pyroloids are the most famous model objects for studying mixotrophy, much data accumulated indicate that this trophic strategy is more widespread in the plant world.

Two key tools that contributed to the discovery and study of MH and MX plants were stable isotope analysis method and molecular techniques used to identify fungal hosts. It is possible to trace the source of specific nutrients in food chains and to examine nutrient flows in ecosystem processes using stable isotopes method. Isotope fractionation is a common phenomenon in biochemical processes, it leads to accumulation of heavier isotopes at higher trophic levels. That means that organisms usually have similar isotope signatures (especially ^{13}C) with their food source ("you are what you eat"). The studies of MH and MX plants show that MH plants have an isotopic signature that is more similar to mycorrhizal fungi, while the MX plants are most often placed in the range between MH and autotrophic plants based on such indicator (Trudell *et al*., 2003; Julou *et al*., 2005; Tedersoo *et al*., 2007).

Most of the MH and MX plants have demonstrated their exceptional specificity in terms of their fungal symbionts (Bidartondo, Bruns, 2002; Bidartondo, Read, 2008). A wide variety of fungi from different taxonomic groups are exploited by such plants, including species from Glomeromycota; rhizoctonia-like fungi (*Ceratobasidium*, *Thanatephorus*, *Sebacina*, *Tulasnella*); corticioid and agaricoid basidiomycetes (*Tomentella, Russula, Rhizopogon, Tricholoma, Armillaria*). Partially and completely mycoheterotriphic orchids have been found to be associated with ectomycorrhizal ascomycetes (eg, *Tuber* and *Wilcoxina*) and with some basidiomycetes (Bidartondo *et al*., 2004), so that all the major groups of fungi are somehow exploited by MH plants.

The following questions remain open: are MH and MX plants epiparasites on mycorrhizal networks, or are these relationships mutualistic? What is the real distribution of the phenomenon of mycoheterotrophy (and mixotrophy) in the plant world? What affects the composition of the fungal partners in MH and MX plants? Current conclusions on strategies for the accumulation of nutrients by MH plants are predominantly based on a limited number of studies with a significant bias towards study of MH plants from temperate zone where ectomycorrhizas predominate. Therefore, it remains to be seen whether the physiology of interactions of MH plants with the ectomycorrhizal fungi and fungi forming arbuscular mycorrhiza is similar, given that the latter type of symbiosis is most common in the tropics.

Under this topic, in 2016 we started the project on studying some aspects of mixotrophy of three species of pyroloids (*Orthilia secunda*, *Pyrola media*, *P. rotundifolia*) and one species of green orchids (*Goodyera repens*). The relationship of model plants with trees through common species of fungi has already been shown (Malysheva *et al*., 2017). The studied isotopic signatures indicate the obvious mixotrophy of the pyroloid plants and the possible mixotrophic nutrition of *Goodyera repens*.

The work was supported by grant of the Russian Foundation for Basic Research (project No. 16-04-01468).

References

[Malysheva *et al.*] Малышева В.Ф., Малышева Е.Ф., Воронина Е.Ю., Федосова А.Г., Бибиков Н.М., Киселева Д.С., Тиунов А.В., Коваленко А.Е. 2017. Микориза грушанковых (*Pyrola rotundifolia*, *P. media* и *Orthilia secunda*): состав грибных симбионтов и трофический статус растений. *Микология и фитопатология*. 51(6): 350–364.

Bidartondo MI. 2005. The evolutionary ecology of myco-heterotrophy. *New Phytologist* 167: 335–352.

Bidartondo MI, Bruns TD. 2002. Fine-level mycorrhizal specificity in the *Monotropoideae* (*Ericaceae*): specificity for fungal species groups. *Molecular Ecology* 11: 557–569.

Bidartondo MI, Burghardt B, Gebauer G, Bruns TD, Read DJ. 2004. Changing partners in the dark: isotopic and molecular evidence of ectomycorrhizal liaisons between forest orchids and trees. *Proceedings of the Royal Society of London Series B: Biological Sciences* 271: 1799–1806.

Bidartondo MI, Read DJ. 2008. Fungal specificity bottlenecks during orchid germination and development. *Molecular Ecology* 17: 3707–3716.

Björkman E. 1960. *Monotropa hypopitys* L. – an epiparasite on tree roots. *Physiologia Plantarum* 13: 308–327.

Field KJ, Leake J, Tille S, Allinson KE, Rimington WR, Bidartondo MI, Beerling DJ, Cameron DD. 2015. From mycoheterotrophy to mutualism: mycorrhizal specificity and functioning in *Ophioglossum vulgatum* sporophytes. *New Phytologist* 205: 1492–1502.

Gebauer G, Meyer M. 2003. ^{15}N and ^{13}C natural abundance of autotrophic and mycoheterotrophic orchids provides insight into nitrogen and carbon gain from fungal association. *New Phytologist* 160: 209–223.

Hynson NA, Madsen TP, Selosse MA, Adam IKU, Ogura-Tsujita Y, Roy M, Gebauer G. 2013. The physiological ecology of mycoheterotrophy. In: *Mycoheterotrophy: the biology of plants living on fungi*. Merckx V (ed), Berlin, Heidelberg, Springer, pp.

297–342.
Julou T, Burghardt B, Gebauer G, Berveiller D, Damesin C, Selosse MA. 2005. Mixotrophy in orchids: insights from a comparative study of green individuals and nonphotosynthetic individuals of *Cephalanthera damasonium*. *New Phytologist* 166: 639–653.
Leake JR. 1994. The biology of myco-heterotrophic (saprophytic) plants. *New Phytologist* 127: 171–216.
Leake JR. 2004. Myco-heterotroph/epiparasitic plant interactions with ectomycorrhizal and arbuscular mycorrhizal fungi. *Current Opinion in Plant Biology* 7: 422–428.
Selosse M-A, Roy M. 2009. Green plants that feed on fungi: facts and questions about mixotrophy. *Trends in Plant Science* 14: 64–70.
Smith SE, Read DJ. 2008. *Mycorrhizal symbiosis*, 3rd edn. London: Academic Press.
Tedersoo L, Pellet P, Kõljalg U, Selosse MA. 2007. Parallel evolutionary paths to mycoheterotrophy in understorey *Ericaceae* and *Orchidaceae*: ecological evidence for mixotrophy in *Pyroleae*. *Oecologia* 151: 206–217.
Trudell SA, Rygiewicz PT, Edmonds RL. 2003. Nitrogen and carbon stable isotope abundances support the myco-heterotrophic nature and host-specificity of certain achlorophyllous plants. *New Phytologist* 160: 391–401.

Последствия обработки солевым раствором инфицированных мучнистой росой листьев мягкой пшеницы

Аветисян Г.А., Аветисян Т.В.
Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, Москва, Россия
avetisyang@yandex.ru

В последние годы многими исследователями начаты работы по изучению вопроса влияния солевого стресса на первые этапы заражения растений пшеницы и ячменя фитопатогенными грибами. В период развития первичных инфекционных структур фитопатогенного гриба, т.е. первичной ростковой трубки и аппрессориальной ростковой трубки, формирующей аппрессорий, устанавливается характер взаимоотношений между растением-хозяином и патогеном.

В настоящей работе проводилось исследование влияния обработки солевым раствором (0.1-1 мМ NaCl) на развитие конидиального инокулюма возбудителя мучнистой росы пшеницы *Erysiphe graminis* DC. f. sp. *tritici* Marchal на растениях мягкой пшеницы *Triticum aestivum* L. С помощью сканирующего микроскопа было обнаружено, что конидии патогена, попадая на поверхность эпидермальной ткани листьев пшеницы, плохо прорастали в соленой воде, но формировали ростковые трубки, которые имели небольшие размеры, и аппрессории не образовывались.

Ранее нами было описано (Аветисян, 2011) влияние окислительных процессов на взаимоотношения возбудителя мучнистой росы пшеницы и растения-хозяина. Цитологические исследования показали, что обработка прооксидантами зараженных листьев пшеницы приводила к появлению аномальных инфекционных структур и подавляла аппрессориальное развитие мучнисторосяного патогена.

Анализируя результаты проведенного исследования и сопоставляя их с полученными ранее, можно предположить, что в основе действия различных неблагоприятных факторов существует общий механизм, связанный с повышением уровня активных форм кислорода в тканях растения.

Consequences of treatment of wheat leaves infected by powdery mildew with saline solution

Avetisyan G.A., Avetisyan T.V.
Tsytsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
avetisyang@yandex.ru

In recent years, many researchers started to study the effect of salinity stress on the first stages of interactions of wheat and barley with phytopathogenic fungi. During the development of primary infectious structures of the phytopathogenic fungus, i.e. a primary germ tube and an appressorial germ tube, which forms the appressorium, the nature of the relationships between the host plant and the pathogen is established.

In this research, the effect of salinity treatment (0.1-1 мМ NaCl) on the development of the conidial inoculum of the agent of powdery mildew of wheat *Erysiphe graminis* DC. f. sp. *tritici* Marchal on plants of soft wheat *Triticum aestivum* L. was studied. Using a scanning electronic microscope it was shown that the pathogen conidia on the leaf surface of wheat germinated weaker in presence of salt solution, they had numerous swelled germ tubes and no appressoria were formed.

Earlier, we described the effect of oxidative processes on the relationships between the causative agent of wheat powdery mildew and the host plant (Avetisyan, 2011). Cytological studies have shown that treatment of infected wheat leaves with prooxidants resulted in development of abnormal infectious structures and inhibited the appressorial development of the powdery mildew pathogen.

Analyzing the results of the study and comparing them with those obtained earlier, it can be assumed that the effect of various unfavorable factors is based on the general mechanism associated with an increase of the level of active forms of oxygen in plant tissues.

Красильные грибы на территории Ханты-Мансийского автономного округа-Югры

Андриенко Е.И.
Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, Москва, Россия
andrienko.evgesha@mail.ru

С развитием направления «зеленой химии» всё большее значение приобретают натуральные красители. Они выступают гарантом экологичности, доступности, простоты в использовании. Цветовой спектр, получаемый из грибов, очень широк, а краситель, помимо доступности, очень стойкий к выцветанию на солнце и вымыванию, что позволяет говорить о развитии направления для повсеместного использования красителей из грибов.

Впервые к возрождению данного направления в 70-х гг. XX века обратилась американка Miriam Rice, изложив свои исследования в работе «Let's Try Mushrooms For Color» (1974). С тех пор данное направление выросло до международного уровня, что подтверждается проходящими ежегодно International Fungi & Fiber Symposia. В России окрашивание грибами применялось в прошлом, в том числе среди коренных народов Севера: в архиве Музея Природы и Человека (г. Ханты-Мансийск) хранятся кожаные сумки и другие предметы, окрашенные с помощью *Inonotus obliquus* f. *sterilis* (чага).

По разным источникам, список красильных грибов на территории Северной Америки превышает сотню видов: 129 видов указано в работе (Bessette, Bessette, 2001) и 162 вида в (Rice, 2007). Основываясь на этих источниках и списке видов грибов ХМАО, мы составили список потенциально красильных видов Югры: всего 67 видов, из которых можно получить все цвета радуги. Первые результаты использования местных ресурсов описаны в публикации (Бульонкова, Филиппова, 2017). Нами продолжены эксперименты по окрашиванию шерсти и шелка с использованием разных техник крашения.

Результаты исследования будут использованы в практике Центром народных художественных промыслов и ремесел (Ханты-Мансийск). Музей Природы и Человека стал площадкой для проведения мастер-классов по окрашиванию грибами. Популяризация направления ведется среди членов Клуба Гриболюбов Югры и микологов-любителей г. Ханты-Мансийска. Направление можно считать перспективным для ХМАО-Югры, т.к. всё большее внимание уделяется традиционной культуре, происходит экологизация производства и жизни региона в целом.

Dyeing fungi in Khanty-Mansiysk region – Yugra

Andrienko E.I.
Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

With growing popularity of "green chemistry", obtaining natural dyes is increasingly important. The natural dyes are environmentally friendly, easily available and pleasant to use. The dyes obtained from fungi cover full spectrum of colors and are resistant to fading, thus the development of their research and production for the widespread use in future is of current interest.

An American artist Miriam Rice was the first who experimented in this field and published her research results in a book «Let's Try Mushrooms For Color» (1974). The research has grown to the international level since then, which is confirmed by the annual International Fungi & Fiber Symposia. In Russia, this craft is known since ancient times, for example among the indigenous people of the North. The leather bags and other items dyed with *Inonotus obliquus* f. *sterilis* (chaga) are stored in the archive of the Museum of Nature and Man (Khanty-Mansiysk).

According to different sources, the list of dyeing fungi in North America exceeds a hundred species: about 129 species reported in (Bessette, Bessette, 2001) and 162 species in (Rice, 2007). Based on these sources and a checklist of fungi of Yugra, we compiled a list of potential dyeing species for the region: in total 67 species which could give a full range of colors. The first results of the experiments with fungal dyes in Yugra were published in (Bulyonkova, Filippova, 2017). We continue the research on dyeing species and different methods of dyeing.

The research results will be applied by the Center of Folk Arts and Crafts (Khanty-Mansiysk). The Museum of Nature and Man also provided a space for organization of workshops on dyeing with fungi. This information is highly appreciated by the Mycological Society Club and the general audience in Khanty-Mansiysk and Yugra region. The research can be considered important for the region, as more attention is paid to the traditional knowledge and crafts, green technologies and sustainable development.

Новые сведения об афиллофороидных грибах и заселяемых ими субстратах в условиях Липецкой области

Арженко А.С.[1], Волобуев С.В.[2]
[1] Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;
[2] Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
alexan4tok@gmail.com, sergvolobuev@binran.ru

Лесостепь европейской части России относится к числу природных зон, недостаточно изученных в отношении видового состава и экологических характеристик афиллофороидных грибов (АфГ), составляющих основную группу редуцентов, преимущественно древесного, растительного опада. Одним из регионов лесостепной зоны, имеющих достаточно давнюю историю изучения микобиоты, в том числе АфГ, является Липецкая область (Ванин, 1923; Алферова, 1977, 1982; Сарычева, 1999, 2014, 2016; Сарычева *и др*., 2009; Волобуев, Большаков, 2016;

и др.). Вместе с тем, только в последние годы здесь были начаты целенаправленные исследования данной группы базидиомицетов (Арженко, Волобуев, 2017). К настоящему времени, микобиота области включает 204 вида АфГ.

В результате дополнительной обработки материалов, собранных в сентябре 2016 года при микологическом обследовании ряда ООПТ Липецкой области, нами были получены новые сведения о видовом разнообразии АфГ и особенностях их субстратной приуроченности. Максимальная видовая насыщенность отмечена для родов *Hyphodontia* s. l. (вкл. *Lyomyces*, *Xylodon*) (12 видов) и *Tomentella* (11 видов). Среди выявленного разнообразия кортициоидных грибов такие виды, как *Botryobasidium laeve* (J. Erikss.) Parmasto, *Hyphoderma setigerum* (Fr.) Donk, *Lyomyces sambuci* (Pers.) P. Karst., *Xylodon crustosus* (Pers.) Chevall., были отмечены наибольшим числом образцов (от 8 до 15 встреч). Интересны также и единичные находки, например, трутовик *Phellinus rhamni* (Bondartseva) H. Jahn, найденный на сухостое *Frangula alnus*, – диагностический вид лесных сообществ Центральной и Восточной Европы, приуроченный к древесине представителей Rhamnaceae.

Наибольшее число видов АфГ обнаружено на древесине *Quercus robur*, *Acer platanoides* и *Betula pendula*. Регулярно встречались субстратные единицы с несколькими видами грибов одновременно, не только на крупномерных эдификаторных породах, но и на более редких субстратах. Так, на отмершей базидиоме *Fomes fomentarius* (L.) Fr. отмечены *Athelia arachnoidea* (Berk.) Jülich вместе с *Trechispora cohaerens* (Schwein.) Jülich & Stalpers и *Sistotrema brinkmannii* (Bres.) J. Erikss. Из 5 видов, выявленных на Larix sp., 2 вида росли вместе на одной единице и 3 – на другой, в оба набора видов входил *Ceratobasidium cornigerum* (Bourdot) D.P. Rogers. Такие находки дают почву для дальнейших исследований экологической структуры и динамики сообществ ксилотрофных макромицетов.

New data on aphyllophoroid fungi and their substrate preferences in Lipetsk region

Arzhenenko A.S.[1], Volobuev S.V.[2]
[1] St. Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia;
[2] Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

The forest-steppe of the European part of Russia belongs to natural areas that have not been sufficiently studied in point of the species composition and ecological features of the aphyllophoroid fungi (AF), which constitute the main group of dead wood decomposers. The Lipetsk region is one of the areas of the forest-steppe zone which has a rather long history of studying the mycobiota, including AF (Vanin, 1923; Alferova, 1977, 1982, Sarycheva, 1999, 2014, 2016; Sarycheva et al., 2009; Volobuev, Bolshakov, 2016; and others). At the same time, the special studies of this group of basidiomycetes have been initiated there only recently (Arzhenenko, Volobuev, 2017). To date, the mycobiota of the region includes 204 species of AF.

As a result of additional revision of materials collected in September 2016 during the mycological survey of a number of protected areas in the Lipetsk region we obtained new data on the species diversity of AF and the peculiarities of their substrate preferences. The maximum species richness was noted for the genera *Hyphodontia* s. l. (including *Lyomyces*, *Xylodon*) (12 species) and *Tomentella* (11 species). Among the revealed diversity of corticioid fungi, such species as *Botryobasidium laeve* (J. Erikss.) Parmasto, *Hyphoderma setigerum* (Fr.) Donk, *Lyomyces sambuci* (Pers.) P. Karst., *Xylodon crustosus* (Pers.) Chevall. were the most abundant (from 8 to 15 records). Some solitary findings are also interesting. For example, *Phellinus rhamni* (Bondartseva) H. Jahn found on dry standing stem of *Frangula alnus* is a diagnostic species of forest communities in Central and Eastern Europe associated with some Rhamnaceae.

The highest number of species of AF was found on *Quercus robur*, *Acer platanoides* and *Betula pendula*. Substrate units with several species of fungi simultaneously were regularly revealed not only among large-scale forest-forming trees, but also among less frequently found substrates. For instance, *Athelia arachnoidea* (Berk.) Jülich together with *Trechispora cohaerens* (Schwein.) Jülich & Stalpers and *Sistotrema brinkmannii* (Bres.) J. Erikss were found on the dead basidiome of *Fomes fomentarius* (L.) Fr. Of the 5 species identified from larch wood, 2 species grew together on one unit and 3 on the other one, both sets of species included *Ceratobasidium cornigerum* (Bourdot) D.P. Rogers. Such findings provide the basis for further research on the ecological structure and dynamics of xylotrophic macromycete communities.

Род *Bryoria* Brodo & D. Hawksw. в Московской области

Аристархова Е.А., Суслова Е.Г.
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия
kattariss@yandex.ru

Лишайники рода *Bryoria* Brodo & D. Hawksw. – особая группа симбиотических организмов, произрастающих в условиях достаточно высокой влажности воздуха и его минимального загрязнения, чутко реагирующих на изменения экологических условий.

Для территории Московской области в настоящее время известно до 8 видов бриорий. В ходе нашего исследования проведены: обработка данных мониторинга в области, в том числе за последние годы; создание картосхем; оценка характера распространения р. *Bryoria* в связи с климатическими условиями, положением в ландшафте, характером растительности и экологической обстановкой, т.е. уровнем антропогенного загрязнения атмосферы в приземном слое; выявление наиболее редких, т.е. чувствительных к загрязнению видов, которые

можно использовать как надежные биоиндикаторы состояния окружающей среды.

Выявлено, что виды р. *Bryoria* встречаются в основном в северо-западной части области в субнеморальных лесах и по окраинам лесных болот; максимальное число находок р. *Bryoria* зафиксировано в Смоленской, Московской и Верхне-Волжской физико-географических провинциях: Лотошинско-Талдомском и Можайско-Загорском геоботанических округах. Большинство находок видов р. *Bryoria* связано со старовозрастными и спелыми лесами. Наиболее широко встречаются *Bryoria fuscescens* (syn. *B. subcana*) и *B. capillaris*, произрастающие в свежих и влажных еловых и сосновых лесах и на окраинах переходных болот на различных древесных породах. Эти два вида, вероятно, наиболее устойчивы к загрязнению воздуха. Самыми редкими оказались *B. nadvornikiana*, *B. osteola*, *B. simplicior*, *B. fremontii* (отмечена Л.Г. Бязровым в 1995 г.). В 2016–2017 гг. в лесах Рузского и Одинцовского районов впервые обнаружена *B. vrangiana*. Подходящие условия для этих видов складываются на переходных болотах Лотошинского, Шаховского и Можайского р-нов, где в течение нескольких десятилетий не происходило пожаров. В южных и восточных районах развитию эпифитных лишайников помимо наличия вредных выбросов с предприятий (оксид азота), запыления и сухости воздуха в летний период, препятствуют частые пожары в сосновых лесах и на торфяниках болотных массивов.

Genus *Bryoria* Brodo & D. Hawksw. in Moscow Region

Aristarkhova E.A., Suslova E.G.
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Lichens of the genus *Bryoria* Brodo & D. Hawksw. – a special group of symbiotic organisms that live in relatively high humidity and minimal air pollution conditions and react quite clearly to changes in environmental conditions.

There are 8 species of *Bryoria* genus in the Moscow Region. Current research included: processing of the monitoring data for the last few years in the region; mapping; assessment of species distribution depending on the climatic conditions, the position in the landscape, the features of vegetation cover, the environmental situation (i.e. the level of anthropogenic air pollution in the surface layer); and identification of the most rare species, i.e. sensitive to pollution, which can be used as an accurate bio-indicators of the environmental situation within the territory of the Moscow Region.

Species of the *Bryoria* sp. were found mostly in subnemoral forests, swamp forests and wooded swamps in north-western part of the Moscow Region. The maximum abundance of *Bryoria* sp. is located in western part of the Moscow Region in Lotoshinsko-Taldomsky and Mozhaisko-Zagorsky geobotanical districts. The most common are *Bryoria fuscescens* (syn. *B. subcana*) and *B. capillaris*. These two species are probably the most resistant to air pollution and live on different species of trees, even in suburban areas (Shchelkovo, Odintsovo districts).

The rarest are *B. nadvornikiana*, *B. osteola*, *B. simplicior*, *B. fremontii* (find by L.G. Byazrov in 1995) encountered only in western and north-western districts of the Moscow region on pine or birch trees. *B. vrangiana* was found only in 2016–2017 in Ruzsky and Odintsovsky districts in swamp forests. The most suitable conditions for lichens are formed on the outskirts of the transitional swamps and bogs of Lotoshinsky, Shakhovskoy and Mozhaisky districts, where wildfires did not happen for several decades.

Most of *Bryoria* species were found in old and mature forests. The development of rare epiphytic lichens in the southern and eastern districts of the region is hampered by the presence of factories harmful emissions (nitric oxide) produced by factories, the air dustiness and dryness in the summer and frequent fires in pine forests and peat bogs.

О находке *Hypocreopsis lichenoides* в Ярославской области

Басов С.А., Кондакова Г.В.
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова, Ярославль, Россия
basov-sergej@mail.ru

Hypocreopsis lichenoides (Tode) Seaver (Ascomycota, Hypocreaceae) относится к небольшому роду строматических гипокреальных аскомицетов. Одни авторы относят этот вид к ксилотрофам-сукцессорам (Jahn, 1990), другие указывают на его микопаразитическую активность в отношении ксилотрофного базидиомицета *Hymenochaete tabacina* (Бондарцева, Змитрович, 2016). Вид распространен циркумполярно и является относительно редким. В России известны находки на территории Европейского Севера (Карелия, Архангельская и Ленинградская области), Средней России (Новгородская и Московская области), Западной Сибири (Тюменская обл.), Дальнего Востока (Хабаровский край, Магаданская и Амурская области). В качестве древесных субстратов для развития этого гриба приводятся *Populus tremula, Frangula alnus,* виды родов *Salix, Betula, Rubus* и некоторые другие.

Нами найдено два образца данного вида в Ярославском р-не Ярославской области, окр. СНТ Вакарево, 57°64'35" с.ш. 40°14'72" в.д. Материал собран 05.05.2017 и 23.05.2017. Оба образца – перезимовавшие стромы, обнаружены на сухих ветвях *Salix* sp. в переувлажненном участке небольшого по площади вторичного березняка, сформировавшегося после осушения части расположенного вблизи сфагнового болота. Стромы твердые, розетковидные, диаметром около 3 см, в виде дихотомически ветвящихся пальцевидных лопастей, у края желтоватые, к центру темнеющие до коричневато-бурых, с погруженными в верхнюю часть стромы перитециями. Лопасти плотно приросшие к субстрату, местами отслаивающиеся от него, с трещинами, через которые видна светлая медулла. Между лопастей и по краю встречаются мелкие фрагменты базидиом, предположительно грибов рода *Hymenochaete.*

Находка является третьей на территории Средней России и расширяет представления о распространении и экологии *Hypocreopsis lichenoides*.

New record of *Hypocreopsis lichenoides* from the Yaroslavl region

Basov S.A., Kondakova G.V.
P.G. Demidov Yaroslavl State University, Yaroslavl, Russia

Hypocreopsis lichenoides (Tode) Seaver (Ascomycota, Hypocreaceae) belongs to a small genus of stromatic hypocrealean Ascomycetes. Some authors refer to this species as xylotrophic-successors (Jahn, 1990), others point out its mycoparasitic activity upon a xylotrophic basidiomycete *Hymenochaete tabacina* (Bondartseva, Zmitrovich, 2016). The species has a circumpolar distribution and is relatively rare. In Russia findings were reported for the territory of the European North (Karelia, Arkhangelsk and Leningrad Regions), Central Russia (Novgorod and Moscow Regions), Western Siberia (Tyumen Region), and the Far East (Khabarovsk Territory, Magadan and Amur Oblasts). Wood of *Populus tremula*, *Frangula alnus*, genera *Salix*, *Betula*, *Rubus* and some others were reported as its preferred substrate.

Two specimens of this species were found in the Yaroslavl district of the Yaroslavl region, near SNT Vakarevo, 57°64'35" N 40°14'72"E. They were collected on 05/05/2017 and on 23/05/2017. Both samples are overwintered stromata, found on dry branches of *Salix* sp. in the wetland area of a small secondary birch-wood, formed after draining a part of a nearby sphagnum bog. The stromata are solid, rosette-shaped, up to a diameter of 3 cm, in the form of dichotomous branching finger-shaped lobes, their edges are yellowish, darkening to brownish-brown towards the center, with perithecia immersed into the stroma upper part. The lobes are tightly attached to the substrate, in some places exfoliating from it, with cracks through which a light medulla is visible.There are small fragments of basidia of presumably fungal genus *Hymenochae* between the lobes and along the edge.

This record is the third for the territory of Central Russia and provides more extensive knowledge about the distribution and ecology of *Hypocreopsis lichenoides* in Russia.

Деревообитающие афиллофороидные грибы Присурского заповедника (Чувашская Республика, Россия)

Большаков С.Ю.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
sbolshakov@binran.ru

Алатырский участок Присурского заповедника расположен в Алатырском районе Чувашской Республики. Растительный покров представлен преимущественно хвойно-широколиственными лесам ассоциаций *Mercurialo perennis–Quercetum roboris*, *Corylo avellanae–Pinetum sylvestris*, *Vaccinio vitis-idaeae–Pinetum sylvestris*. До начала наших исследований для Чувашии было известно 60 видов афиллофороидных грибов, для Присурского заповедника — 19 видов. Наши собственные исследования проведены в августе 2017 г. Итоговый набор данных содержит информацию о 408 находках.

В результате обработки полевого материала было выявлено 152 вида деревообитающих афиллофороидных грибов из 90 родов. 141 вид является новыми для Присурского заповедника, 120 видов — для Чувашии; 2 вида обнаружены впервые на территории России. Наибольшее число видов выявлено для родов *Tomentella* — 8 видов, *Xylodon* — 6, *Skeletocutis* и *Trametes* — по 5, *Botryobasidium*, *Phellinus*, *Postia* и *Steccherinum* — по 4 вида.

Индекс Chao1 = 240 свидетельствует о значительном разнообразии видового состава афиллофороидных грибов этой территории, выявленный только на 63%. Распределение числа находок следующее: регулярно встречающиеся виды (более чем 3% всех находок) — *Fomitopsis pinicola*, *Skeletocutis nivea*, *Fomes fomentarius*, *Stereum subtomentosum*; часто встречающиеся виды (1.5–3% всех находок) — *Phlebiella vaga*, *Trichaptum biforme*, *Sebacina incrustans*, *Trichaptum fuscoviolaceum*, *Daedaleopsis tricolor*, *Phellinus tremulae*, *Trametes gibbosa*; изредко встречающиеся виды (0.5–1.5% всех находок) — 40 видов, редкие виды (менее 0.5% всех находок) — 102 вида.

Распределение по субстратам следующее: 48 видов выявлено на древесине *Pinus sylvestris*, 33 вида — на *Populus tremula*, 30 — на *Quercus robur*, 27 — на *Betula pendula*, 17 — на *Salix caprea*, 17 — на *Tilia cordata*, 15 — на *Picea abies*, 14 — на *Corylus avellana*, 12 — на *Alnus glutinosa*. Наиболее широкие субстратные предпочтения выявлены для *Skeletocutis nivea* — этот вид развивается на 7 видах древесных растений, для *Stereum subtomentosum* — на 6 видах, для *Fomitopsis pinicola* и *Phlebiella vaga* — на 5 видах древесных растений. 109 видов афиллофороидных грибов выявлены только на одном вида древесного субстрата.

Wood-inhabiting aphyllophoroid fungi of the Prisursky Nature Reserve (Chuvash Republic, Russia)

Bolshakov S.Yu.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

The Alatyrsky site of the Prisursky Nature Reserve is located in the Alatyrsky District of the Chuvash Republic. The vegetation cover is represented mainly by coniferous-broadleaved forests of the associations *Mercurialo perennis–Quercetum roboris*, *Corylo avellanae–Pinetum sylvestris*, *Vaccinio vitis-idaeae–Pinetum sylvestris*. Before the beginning of our research in Chuvashia, 60 species of aphyllophoroid fungi were known here, including 19 species — for the Prisursky Nature Reserve. Our research was conducted in August 2017. The final dataset contains information on 408

records.

As a result of the processing of the field material, 152 species of wood-inhabiting aphyllophoroid fungi from 90 genera were identified. 141 species are new to the Prisursky Nature Reserve, 120 species — new to the Chuvash Republic; 2 species are recorded for Russia for the first time. The maximum number of species was found in the genera *Tomentella* — 8 species, *Xylodon* — 6, *Skeletocutis* and *Trametes* — 5, *Botryobasidium*, *Phellinus*, *Postia*, and *Steccherinum* — 4 species.

The index Chao1 = 240 indicates a significant diversity of the species composition of the aphyllophoroid fungi of this territory, which had been studied only by 63%. The distribution of the number of finds is as follows: abundant species (more than 3% of all observations) — *Fomitopsis pinicola*, *Skeletocutis nivea*, *Fomes fomentarius*, *Stereum subtomentosum*; common species (1.5–3% of all observations) — *Phlebiella vaga*, *Trichaptum biforme*, *Sebacina incrustans*, *Trichaptum fuscoviolaceum*, *Daedaleopsis tricolor*, *Phellinus tremulae*, *Trametes gibbosa*; occasional species (0.5–1.5% of all observations) — 40 species, rare species (less than 0.5%) — 102 species.

Distribution by substrates is as follows: 48 species were found on *Pinus sylvestris* wood, 33 species — on *Populus tremula*, 30 — on *Quercus robur*, 27 — on *Betula pendula*, 17 — on *Salix caprea*, 17 — on *Tilia cordata*, 15 — on *Picea abies*, 14 — on *Corylus avellana*, 12 — on *Alnus glutinosa*. The widest substrate preferences were revealed for *Skeletocutis nivea* — this species developed on 7 species of woody plants, for *Stereum subtomentosum* — on 6 species, and for *Fomitopsis pinicola* and *Phlebiella vaga* — both on 5 species; 109 species were identified from only one type of substrate.

Результаты многолетнего мониторинга видового разнообразия миксомицетов южного лесничества Центрально-лесного государственного природного биосферного заповедника

Бухтоярова Н.Ю., Гмошинский В.И., Матвеев А.В.
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия
buhtoyarovanatasha@gmail.com

Миксомицеты представляют группу грибоподобных организмов, входящих в состав Amoebozoa. Жизненный цикл этих организмов не имеет аналогов в природе, а их таксономическое определение возможно лишь по морфологическим характеристикам созревших спороношений или при помощи молекулярно-генетических методов.

Для изучения состава сообществ миксомицетов Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника сбор образцов плодовых тел миксомицетов и субстратов для постановки влажных камер проводили в 2014–2017 гг. в пределах 10 площадок, заложенных в различных типах лесных растительных сообществ. Часть спороношений была собрана за пределами площадок с указанием географических координат.

В результате проведенного исследования к настоящему моменту в ходе полевых сборов среди 3136 образцов было выявлено 144 вида миксомицетов, относящихся к 37 родам. При анализе 380 образцов, полученных методом влажных камер по стандартной методике, выявлено 49 видов миксомицетов, принадлежащих к 22 родам.

Таким образом, с учетом литературных данных, в ходе исследования на территории заповедника обнаружено 169 видов миксомицетов, относящихся к 39 родам, 13 семействам и 6 порядкам. При этом 132 вида являются новыми для территории заповедника, 69 – для Тверской области. Также был отмечен новый для России вид – *Physarum spectabile* Nann.-Bremek., Lado et G. Moreno.

Примечательной является находка 12 видов нивальных миксомицетов: *Diacheopsis metallica* Meyl., *Diderma niveum* (Rostaf.) E. Sheld., *Lamproderma arcyrioides* (Sommerf.) Rostaf., *L. maculatum* Kowalski, *L. ovoideum* Meyl., *L. splendens* Meyl., *L. zonatum* Mar. Mey. et Poulain, *Lepidoderma chailletii* Rostaf., *Meriderma aggregatum* ad. int, *M. carestiae* (Ces. et De Not.) Mar. Mey. et Poulain, *M. cribrarioides* (Fr.) Mar. Mey. et Poulain, *M.* cf. *spinulisporum* ad. int. Их спороношения массово развивались весной 2017 года на границе тающего снега.

Авторы благодарят Ю.К. Новожилова за помощь в определении ряда образцов. Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ, проект № 14-50-00029.

The results of the long-term monitoring of the species diversity of myxomycetes in the Central Forest National Biosphere Reserve

Buchtoyarova N.Yu., Gmoshinskiy V.I., Matveev A.V.
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Myxomycetes are a group of fungi-like organisms that belong to phylum Amoebozoa. They have a unique life cycle and their identification relies almost exclusively on morphological characters of fruiting bodies and sometimes on genetic analysis.

To study species composition of myxomycetes communities of Central Forest National Biosphere Reserve (CFNBR) samples of fruit bodies and substrates for moist chamber cultures were collected in 2014–2017 within ten study plots that were chosen in different types of forest plant communities. In addition, specimens from outside the plots were taken with geographic coordinates.

The study resulted in 3136 specimens that were collected in the field and comprised 144 species of myxomycetes belonging to 37 genera. Dataset of 380 specimens obtained in moist chambers represented 49 species of myxomycetes belonging to 22 genera.

As a result, species list of the reserve now consists of 169 species (including literature data) belonging to 39 genera, 13 families and 6 orders. Remarkably, 132 species were found in the CFNBR for the first time and 69 of them were reported for the Tver region for the first time. We also report the first record of *Physarum spectabile* Nann.-Bremek., Lado et G. Moreno for Russia.

Interestingly, 12 species of nivicolous myxomycetes were found: *Diacheopsis metallica* Meyl., *Diderma niveum* (Rostaf.) E. Sheld., *Lamproderma arcyrioides* (Sommerf.) Rostaf., *L. maculatum* Kowalski, *L. ovoideum* Meyl., *L. splendens* Meyl., *L. zonatum* Mar. Mey. et Poulain, *Lepidoderma chailletii* Rostaf., *Meriderma aggregatum* ad. int, *M. carestiae* (Ces. et De Not.) Mar. Mey. et Poulain, *M. cribrarioides* (Fr.) Mar. Mey. et Poulain, *M.* cf. *spinulisporum* ad. int. Their fruiting bodies developed at the edge of melting snow in spring 2017.

The authors would like to thank Yu. K. Novozhilov for the help in species determination. The research was supported by the RSF project no. 14-50-00029.

Внутривидовой полиморфизм гриба *Fusarium langsethiae* – продуцента микотоксинов

Гаврилова О.П., Гагкаева Т.Ю.
Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Пушкин, Санкт-Петербург, Россия
olgavrilova1@yandex.ru

К настоящему времени ареал гриба *Fusarium langsethiae* Torp, Nirenberg (2004), продуцирующего различные микотоксины, охватывает практически всю территорию Европы. Абсолютное большинство штаммов *F. langsethiae*, хранящихся в лаборатории микологии и фитопатологии ВИЗР (всего 191 штамм), выделены из зерна, выращенного на территории европейской части России. Выявленный нами в Тюменской области штамм гриба к настоящему времени остается единственной находкой этого вида вне пределов Европы.

Нами был проведен анализ различных признаков у коллекционных штаммов *F. langsethiae* широкого географического происхождения. Из-за сложности идентификации *F. langsethiae* по морфологическим признакам, видовую принадлежность всех штаммов дополнительно подтверждали с помощью видоспецифичных праймеров (Yli-Mattila *et al*., 2004; Wilson *et al*., 2004). Кроме того, каждый штамм *F. langsethiae* был охарактеризован по принадлежности к одной из двух подгрупп (I и II), выделенных на основании делеции в районе межгенного спейсера ядерной рибосомной ДНК (Konstantinova, Yli-Mattila, 2004).

В результате проведенных исследований впервые выявлено наличие у *F. langsethiae* природных ауксотрофных мутантов, не способных синтезировать биотин или тиамин (Gavrilova *et al*., 2017). Также установили, что делеция на участке гена IGS маркирует температурную чувствительность: все штаммы, относящиеся к подгруппе II, не росли при температуре 30 °C и встречались только на территории северной части Европы (северо-запад России, Великобритания, Норвегия, Швеция, Финляндия). Возможно, штаммы, относящиеся к этой подгруппе, элиминируются под воздействием высоких температур во время вегетационного периода. Необходимы дальнейшие исследования для понимания биологического значения ауксотрофии у *F. langsethiae* и причин, вызвавших сбой синтеза витаминов, необходимых для развития этого токсинопродуцирующего гриба.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (проект № 14-26-00067).

Intraspecific polymorphism of toxin-producing *Fusarium langsethiae*

Gavrilova O.P., Gagkaeva T.Yu.
All-Russian Institute of Plant Protection, Pushkin, Saint Petersburg, Russia

Fusarium langsethiae Torp, Nirenberg (2004), a strong producer of T-2 toxin, is distributed over the entire territory of Europe. We have maintained a collection of 191 strains of *F. langsethiae* isolated from small grain cereals. Most of them were collected in the European part of Russia. One strain was identified in the grain from the Tyumen region. Up to now, this strain remains the single isolate of this species outside of Europe.

We have analysed various characteristics of the *F. langsethiae* strains of the different origin. Since it is problematic to identify *F. langsethiae* strains by their morphological features the identification of all strains was confirmed with species-specific primers (Yli-Mattila *et al*., 2004; Wilson *et al*., 2004). In addition, the analysis of nuclear ribosomal ITS region made it possible to distinguish two subgroups (I and II) within the species (Konstantinova, Yli-Mattila, 2004).

Our investigations revealed that several *F. langsethiae* strains were spontaneous auxotrophic mutants, which are unable to synthesize biotin or thiamine (Gavrilova *et al*., 2017). *F. langsethiae* strains belonging to subgroup II were detected only among the group of strains obtained from the northern part of Europe (northwest of Russia, Great Britain, Norway, Sweden, and Finland). Moreover, it was found that all the strains of subgroup II stop growing at the temperature 30 °C. Perhaps the strains belonging to this subgroup are eliminated under high temperatures during a vegetation season. Further studies are needed to understand the biological significance of auxotrophy in *F. langsethiae* and the reasons which led to the failure of the synthesis of vitamins required for the growth of this toxin-producing fungus.

This work was supported by Russian Science Foundation (project No. 14-26-00067).

К изучению лишайников приусадебных парков Смоленской области

Гагарина Л.В.[1], Конорева Л.А.[1,2], Чесноков С.В.[1]
[1] Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;
[2] Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н. А. Аврорина КНЦ РАН, Кировск, Россия
[1]gagarinalv@binran.ru, [1,2]ajdarzapov@yandex.ru, [1]lukinbrat@mail.ru

В 2017 году были проведены экспедиционные исследования на территории приусадебных парков Смоленской области. Исследованиями охвачено 20 усадебных парков в 6 районах Смоленской области. В результате полевых исследований на территории приусадебных парков выявлено 169 видов лишайников. Среди них имеется комплекс видов, характерных для нарушенных, антропогенных местообитаний и набор редких, индикаторных и специализированных видов, характерных для старовозрастных ненарушенных сообществ. К комплексу антропогенных видов относятся виды родов *Physcia* (*P. adscendens* H.Olivier, *P. aipolia* (Ehrh. ex Humb.) Fürnr., *P. stellaris* (L.) Nyl.), *Phaeophyscia* (*P. orbicularis* (Neck.) Moberg, *P. nigricans* (Flörke) Moberg), *Physconia* (*P. detersa* (Nyl.) Poelt, *P. entroxantha* (Nyl.) Poelt), *Lecanora* (*L. chlarothera* Nyl., *L. pulicaris* (Pers.) Ach.). Наибольшее число видов выявлено в приусадебном парке с. Васильевское (Гагаринский район) – 50 видов, с. Воротышино (Ярцевский район) – 44 вида, с. Богородицкое (Вяземский район) – 44 вида. Наиболее бедным по числу видов оказался приусадебный парк в с. Пречистое (Гагаринский район), где обнаружено всего 9 видов лишайников.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ 17-54-04030.

Lichens in the manorial parks in Smolensk Region

Gagarina L.V.[1], Konoreva L.A.[1,2], Chesnokov S.V.[1]
[1] Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia;
[2] Polar Alpine Botanical Garden and Institute, Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences, Apatity, Russia

Field works were carried out on the territory of the manorial parks in Smolensk Region. 20 manorial parks in 6 regions were studied. On the territory of 20 parks 169 species of lichens were recorded representing two species complexes. The first of them – species that are typical for disturbed anthropogenic environments. The second – rare, indicator and specialized species. Species from genera *Physcia* (*P. adscendens* H.Olivier, *P. aipolia* (Ehrh. ex Humb.) Fürnr., *P. stellaris* (L.) Nyl.), *Phaeophyscia* (*P. orbicularis* (Neck.) Moberg, *P. nigricans* (Flörke) Moberg), *Physconia* (*P. detersa* (Nyl.) Poelt, *P. entroxantha* (Nyl.) Poelt), *Lecanora* (*L. chlarothera* Nyl., *L. pulicaris* (Pers.) Ach.) are usually found in disturbed anthropogenic habitats. The largest number of species was recorded in the park of Vasilevskoe village (Gagarin district) – 50 species, Vorotyshino village (Yartsevo district) – 44 species, Bogoroditskoe village (Viazma district) – 44 species. Only nine species were found in the manorial park of the Prechistoe village.

This work was supported by the RFBR project 17-54-04030.

Ревизия коллекции миксомицетов Зоологического музея МГУ

Гмошинский В.И., Матвеев А.В.
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия
andrmatveev@gmail.com

Коллекция миксомицетов Зоологического музея Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова была создана в 1992 г., однако в ней депонированы образцы, собранные с 1975 года. Коллекция хранится в Кружке Юных Натуралистов Зоомузея МГУ, ее куратором является Евгений Анатольевич Дунаев. Она включает 1637 инвентарных номеров, относящихся к 141 виду миксомицетов из 35 родов, 11 семейств и 6 порядков, что составляет 35% от общего числа видов, отмеченных на территории России.

В коллекции обширно представлены материалы, собранные на территории Московской (974 инвентарных номеров), Тверской (204) и Тюменской (105) областей. Так же депонировано значительное число образцов из Москвы, Рязанской, Иркутской, Мурманской областей и Приморского края. Присутствуют фрагментарные сборы (около 5% объема коллекции) из Астраханской, Владимирской, Калужской, Псковской, Ярославской областей, Алтайского, Краснодарского и Хабаровского краев, республик Алтай и Карелия, а также из Крыма и Королевства Камбоджа.

Наибольший вклад в формирование коллекции внесли О.М. Германт, Н.Н. Котеленец, Е.А. Дунаев, Т.Н. Барсукова, а также учащиеся Кружка Юных Натуралистов при Зоомузее МГУ.

В 2018 году авторами данного сообщения проведена ревизия коллекции, в ходе которой переопределен гербарный материал и проведена оценка его сохранности по специально разработанной шкале, оцифрованы журналы со сведениями об образцах, создана база данных и веб-интрефейс к ней, проверена синонимика в соответствии с номенклатурной базой данных К. Ладо, совершена привязка словесных описаний мест сбора к системе географических координат.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ проект № 14-50-00029.

Critical revision of myxomycetes collection preserved in the Zoological Museum of Lomonosov Moscow State University

Gmoshinskiy V.I., Matveev A.V.
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Myxomycetes collection of the Zoological Museum of Lomonosov Moscow State University was established in 1992, but also contains some materials collected during the 1970–1980s. Evgeny A. Dunayev has been the curator of the collection since its foundation. The collection currently contains 1637 specimens, belonging to 141 species, 35 genera, 11 families, and 6 orders. This represents 35% of the total number of species found on the territory of Russia.

The collection contains materials from Russia (Astrakhan, Vladimir, Irkutsk, Kaluga, Moscow, Murmansk, Pskov, Ryazan, Tver, Tyumen, Yaroslavl regions, Moscow City, Altay, Krasnodar, Khabarovsk, Primorsky territories, Altay and Karelia republics), Ukraine and Cambodia.

The greatest contribution to the formation of the collection was made by Germant O.M., Kotelenets N.N., Dunayev E.A., Barsukova T.N., and students from the Young Naturalists Circle of the Zoological Museum.

In 2018, we carried out a revision of the collection, during which the herbarium material was taxonomically reexamined and its level of conservation was assessed. Handwritten logs containing specimens information were digitized and a database was created. Species names were checked in accordance with the nomenclatural database of C. Lado. Verbal descriptions of the collection sites were correlated with the system of geographical coordinates.

The revision of the collection of myxomycetes was supported by the Russian Science Foundation (RSF) project no. 14-50-00029.

Виды рода *Paraphoma* на растениях семейства Convolvulaceae

Гомжина М.М., Гасич Е.Л., Хлопунова Л.Б., Ганнибал Ф.Б.
Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Пушкин, Санкт-Петербург, Россия
gomzhina91@mail.ru

Фомоидные грибы, в частности виды рода *Paraphoma*, обладают скудными морфологическими признаками, поэтому идентификация их традиционными методами, основанными на морфологии, затруднена. Целью работы была идентификация коллекции фомоидных грибов, выделенных из растений семейства Convolvulaceae, хранящейся в лаборатории микологии и фитопатологии ВИЗР, с использованием традиционных и молекулярных методов исследования.

Всего было исследовано 11 изолятов, выделенных из листьев *Convolvulus arvensis* и *Calystegia sepium*, собранных в разные годы на территории России и стран бывшего СССР. Изучение морфологических признаков проводили согласно стандартным методикам (Boerema et al., 2004). Для изолятов были определены нуклеотидные последовательности двух участков рДНК (ITS и LSU), генов β-тубулина и РНК-полимеразы II.

По результатам анализа топологии филограмм, для вида *Stagonospora convolvuli* Dearn. & House предложена новая комбинация – *Paraphoma convolvuli*. В коллекции этот вид был представлен одним штаммом.

Близкородственными этому виду, но достоверно от него отличающимися оказались 4 штамма, которые на филограммах формировали отдельную монофилетичную кладу. Предварительно эти штаммы определены, как *Paraphoma* cf. *convolvuli*. Возможно, они относятся к новому для науки виду *Paraphoma*, но для описания необходимы дальнейшие исследования, с включением в анализ нуклеотидных последовательностей большего числа изолятов *P. convolvuli* (на настоящий момент в GenBank представлена только одна).

Шесть изолятов кластеризовались на филограммах вместе со всеми известными на настоящий момент видами *Paraphoma*, но не включали в состав подклады ни одного референсного изолята. Эта ветвь также являлась монофилетичной и выделялась с максимальными значениями бутстреп-поддержки. Поэтому она будет описана нами как новый для науки вид, названный в честь д.б.н. Мельника В. А. (1937-2017) *Paraphoma melnikii* Gomzhina M.M. & Gasich E.L. MB823800 (Гомжина и др., неопубл.).

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект 14-26-00067).

Species of genus *Paraphoma,* associated with Convolvulaceae

Gomzhina M.M., Gasich E.L., Khlopunova L.B., Gannibal Ph.B.
All-Russian Institute of Plant Protection, Pushkin, Saint Petersburg, Russia

Due to scanty and controversial morphological features of *Phoma*-like fungi, their morphology-based identification is troublesome. Thus, correct identification of these fungi should be accomplished using morphological and DNA sequence data. The aim of this study was re-identification of culture collection of *Phoma*-like fungi isolated from Convolvulaceae, stored in the Laboratory of Mycology and Phytopathology (VIZR, St. Petersburg) based on both molecular and traditional morphological methods.

Eleven *Paraphoma* isolates were obtained from leaves of *Convolvulus arvensis* and *Calystegia sepium*, collected from different geographical locations in Russia and some neighboring countries (Ukraine, Kazakhstan).

Morphological studies were conducted following the methods described by Boerema et al. (2004). ITS, LSU-regions of rDNA, RNA polymerase II and β-tubulin genes were amplified and sequenced for all *Paraphoma* isolates.

Topology of phylograms allowed proposing a new taxonomical combination *Paraphoma convolvuli* for *Stagonospora convolvuli* Dearn. & House. The single strain of this species was found in the collection.

Four isolates were clustered in a separate well-supported monophyletic clade, but this clade was very closely related to *P. convolvuli*. These isolates were preliminary identified as *Paraphoma* cf. *convolvuli.* Apparently, these isolates represent a new species of the genus *Paraphoma*, but this subject requires subsequent study, including phylogenetic analysis of larger number of *P. convolvuli* strains.

Six isolates were joined in a cluster related to all known species of *Paraphoma*. However, no one reference strain was placed within the clade. This clade was monophyletic and had maximum value of bootstrap support. Thus, based on molecular data, isolates of this clade will be described as the new species named after Dr. Melnik V.A. (1937–2017) – *Paraphoma melnikii* Gomzhina M.M. & Gasich E.L., MB823800 (Gomzhina et al., unpublished).

This work was supported by Russian Science Foundation (project 14-26-00067).

Морфологическая идентификация грибов подотдела Glomeromycotina

Горбунова А.О.[1,2], Крюков А.А.[1], Юрков А.П.[1,2,3]

[1] Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии, Пушкин, Санкт-Петербург, Россия;

[2] Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;

[3] Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург, Россия

gorbunova.anastasia93@mail.ru

Арбускулярная микориза (АМ) – один из наиболее широко распространенных симбиозов грибов и растений. Однако видовое разнообразие АМ грибов не велико, а их систематика до сих пор находится на этапе становления. С 2016 г. АМ-грибы (ранее – отдел Glomeromycota) определили к подотделу Glomeromycotina Spatafora et Stajich в пределах отдела Mucoromycota Doweld. В исследовании АМ грибов особенно актуальным является совершенствование методов их идентификации наряду с расширением сведений об их морфологии и разнообразии. В связи с этим в задачи исследования входило: 1) отработать методы морфологической идентификации АМ грибов; 2) определить активность АМ грибов по показателям микоризации на накопительной культуре *Plectranthus australis* R.Br.

Нами собрана коллекция из более 30 АМ грибов, изолированных из почв Ленинградской, Ростовской и Московской областей. Морфологическая идентификация проведена с учетом следующих параметров: цвет, прозрачность, размеры, форма внекорневых спор; цвет, размеры, прозрачность, плотность, форма, место расположения спорокарпов или скоплений спор; форма места прикрепления споры к несущей гифе; число, толщина, плотность, эластичность/ломкость, цвет слоев оболочки споры и несущей гифы в растворах Мельцера и поливиниланктоглицерина; наличие/отсутствие/исчезновение/появление слоев оболочки споры и несущей гифы в процессе онтогенеза; наличие/отсутствие септы в месте прикрепления споры к несущей гифе; параметры структуры АМ и внутрикорневых спор.

Видовое разнообразие АМ грибов, выделенных в культуру, относительно невелико при пересевах на дерново-подзолистую почву с низким уровнем фосфора, доступного для питания растений *P. australis*. Тем не менее, выделенные изоляты АМ грибов обладают существенным полиморфизмом по встречаемости микоризной инфекции, обилию везикул и арбускул в корнях *P. australis*.

Работа выполнена при частичной поддержке грантами РФФИ-офи м №15-29-02753 и РФФИ-а №18-016-00220.

Morphological identification of fungi in subdivision Glomeromycotina

Gorbunova A.O.[1,2], Kryukov A.A.[1], Yurkov A.P.[1,2,3]

[1] All-Russia Research Institute for Agricultural Microbiology, Saint Petersburg, Russia;

[2] St. Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia;

[3] Russian State Hydrometeorological University, Saint Petersburg, Russia

Arbuscular mycorrhiza (AM) is one of the most widespread symbiosis formed by fungi and land plants. However, the species diversity of AM fungi is moderate, and their systematics is still at the stage of formation. Since 2016, AM fungi (formerly Glomeromycota division) have been identified as subdiv. Glomeromycotina Spatafora et Stajich within div. Mucoromycota Doweld. In the AM fungi investigation it is especially important to improve the methods of their identification, along with the expansion of morphology and diversity data. In this regard, we proposed the following research tasks: 1) to work out morphological methods of AM fungi identification; 2) determine the AM fungi activity by mycorrhization caracteristics in *Plectranthus australis* R.Br. pot (“trap”) culture.

We collected more than 30 strains of AM fungi isolated from the soils of the Leningrad, Rostov and Moscow regions. Morphological identification was carried out considering the following parameters: color, transparency, size, shape of extraradical spores; color, size, transparency, density, shape, location of sporocarps or spore aggregates; shape of subtending hypha at the spore base; number, thickness, density, flexibility/fragility, color of the spore wall layers and the subtending hypha layers in the Melzer's reagent and polyvinyllactoglycerol; the presence/absence/disappearance/appearance of the spore wall layers and the subtending hypha layers during ontogeny; the

presence/absence of septum at the lumen of subtending hyphae; the structure of mycorrhizae and intraradical spores.

Species diversity of AM fungi culture re-seeded to sod-podzolic soil with a low phosphorus level (available for *P. australis* nutrition) was relatively low. Nevertheless, isolates of AM fungi had significant polymorphism in the frequency of AM, the abundance of vesicles and arbuscules in the roots.

Supported in part by the Russian Foundation for Basic Research, Projects No. 15-29-02753 and 18-016-00220.

Результаты изучения видового разнообразия миксомицетов государственного природного заповедника «Утриш» в 2017 году

Губанов Е.С.[1], Гмошинский В.И.[2]
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия
[1] *gubanov_5b_1315@mail.ru*, [2] *rubisco@list.ru*

Миксомицеты – группа грибообразных амебоидных простейших, сочетающих в своем жизненном цикле как подвижные трофические, так и неподвижные расселительные и покоящиеся стадии.

Сбор материала проводили с 26.05.2017 г. по 05.06.2017 г. на территории заповедника «Утриш» (Краснодарский край) и в его окрестностях: вблизи оз. Сухой Лиман, Мокрой и Водопадной щели, а также около хутора Афонка.

Всего собран 201 образец спороношений миксомицетов, относящихся к 46 видам из 18 родов, 8 семейств и 5 порядков. Наибольшее число видов отмечено для порядка Physarales (18). Лидирующими по числу видов являлись сем. Physaraceae из Physarales (12) и Stemonitidaceae из Stemonitidales (11). Наибольшее число видов относилось к родам: *Arcyria* (6), *Cribraria* (3), *Didymium* (4), *Physarum* (8), *Stemonitis* (5), *Stemonitopsis* (3) и *Trichia* (3).

Один вид (*Physarum daamsii* Nann.-Bremek.) впервые отмечен на территории РФ. Кроме того, еще 20 видов (*Arcyria minuta* Buchet; *Craterium aureum* (Schumach.) Rostaf.; *C. leucocephalum* (Pers. ex J.F. Gmel.) Ditmar; *Cribraria vulgaris* Schrad.; *Diderma effusum* (Schwein.) Morgan; *Didymium melanospermum* (Pers.) T. Macbr.; *D. minus* (Lister) Morgan; *D. nigripes* (Link) Fr.; *Enerthenema papillatum* (Pers.) Rostaf.; *Fuligo leviderma* H. Neubert, Nowotny et K. Baumann; *Leocarpus fragilis* (Dicks.) Rostaf.; *Lycogala exiguum* Morgan; *Physarum bivalve* Pers.; *P. cinereum* (Batsch) Pers.; *P. globuliferum* (Bull.) Pers.; *P. viride* (Bull.) Pers.; *Stemonitis lignicola* Nann.-Bremek.; *S. fusca* var. *nigrescens* Rex; *Stemonitopsis aequalis* (Peck) Y. Yamam.; *Tubifera ferruginosa* (Batsch) J.F. Gmel.) являются новыми для Краснодарского края, и 3 вида (*Comatricha nigra* (Pers. ex J.F. Gmel.) J. Schröt.; *Diderma spumarioides* (Fr. et Palmquist) Fr.; *Hemitrichia clavata* (Pers.) Rostaf.) – новыми для заповедника.

Авторы выражают благодарность Ю.К. Новожилову за помощь в определении материала. Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ проект № 14-50-00029.

Results of exploring species diversity of slime molds in Nature State Reserve «Utrish» in 2017

Gubanov E.S.[1], Gmoshinskiy V.I. [2]
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Myxomycetes are fungi-like protozoans, which have both mobile trophic, and motionless settling and resting stages of life cycle.

Material was collected between 26.05.2017 and 05.06.2017 in the «Utrish» Reserve (Krasnodar region) and some close territories: in the vicinity of the lake Sukhoy Liman, Wodopadnaya and Mokraya schel`, and near the village Afonka.

A total of 201 samples of sporocarps of Myxomycetes belonging to 46 species from 18 genera, 8 families and 5 orders were identified. The greatest number of species is observed for the order Physarales (18). The largest number of species in family was recorded for Physaraceae (Physarales) – 12; and Stemonitidaceae (Stemonitidales) – 11. The greatest number of species belonged to the genera *Arcyria* (6), *Cribraria* (3), *Didymium* (4), *Physarum* (8), *Stemonitis* (5), *Stemonitopsis* and *Trichia* (3).

Physarum daamsii Nann.-Bremek. was reported for Russia for the first time. Another 20 species (*Arcyria minuta* Buchet, in Patouillard; *Craterium aureum* (Schumach.) Rostaf.; *C. leucocephalum* (Pers. ex J. F. Gmel.) Ditmar, in Sturm; *Cribraria vulgaris* Schrad.; *Diderma effusum* (Schwein.) Morgan; *Didymium melanospermum* (Pers.) T. Macbr.; *D. minus* (Lister) Morgan; *D. nigripes* (Link) Fr.; *Enerthenema papillatum* (Pers.) Rostaf.; *Fuligo leviderma* H. Neubert, Nowotny et K. Baumann; *Leocarpus fragilis* (Dicks.) Rostaf.; *Lycogala exiguum* Morgan; *Physarum bivalve* Pers.; *P. cinereum* (Batsch) Pers.; *P. globuliferum* (Bull.) Pers.; *P. viride* (Bull.) Pers.; *Stemonitis lignicola* Nann.-Bremek.; *S. fusca* var. *nigrescens* Rex; *Stemonitopsis aequalis* (Peck) Y. Yamām.; *Tubifera ferruginosa* (Batsch) J. F. Gmel.) were reported for Krasnodar region for the first time, and 3 species (*Comatricha nigra* (Pers. ex J. F. Gmel.) J. Schröt., *Diderma spumarioides* (Fr. Palmquist et) Fr.; *Hemitrichia clavata* (Pers.) Rostaf.) are new for «Utrish» Reserve.

The authors are grateful to Yu. K. Novozhilov for the help with determination of species. The work was performed with financial support of the RSF, project # 14-50-00029.

Анализ микогетеротрофии *Goodyera repens* (L.) R.Br. и *Hammarbya paludosa* (L.) Kuntze

Дмитриев Г.В.
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия
go.dmit@mail.ru

Орхидные – одно из крупнейших семейств цветковых, все виды которого микогетеротрофны (полностью зависят от микобионта) на ранних этапах онтогенеза. Степень микогетеротрофии была изучена для двух видов, *Goodyera repens* и *Hammarbya paludosa*, различающихся по экологическим предпочтениям.

Внутренняя микобиота подземных частей растений была исследована молекулярно-генетическими методами. Для установления трофического статуса изучаемых популяций использовали метод стабильных изотопов.

В корнях и корневищах *G. repens* идентифицированы 28 таксонов микобионтов и эндофитов (Ascomycota – 19, Basidiomycota – 8, Mucoromycota – 1), в корневищах *H. paludosa* – 4 таксона (Basidiomycota – 2, Ascomycota – 2). Анализ микобионтов показал, что в симбиозы с Orchidaceae могут вовлекаться грибы с различными экологическими стратегиями. Включение некоторых видов грибов одновременно в симбиоз с древесными растениями и орхидеями предполагает миксотрофию исследованных видов, нами была отмечена связь с эктомикоризами только хвойных пород.

Для *G. repens* колебания содержания изотопов составляли от -38,46 до -24,46‰ по $\delta^{13}C$ и от -6,44 до -2,39‰ по $\delta^{15}N$, для *H. paludosa* – от -36,82 до -25,92‰ по $\delta^{13}C$ и от -1,9 до 3,31‰ по $\delta^{15}N$. Обычно полную гетеротрофию растений показывает повышение содержания в их тканях ^{13}C сравнительно с автотрофами, но для частичных гетеротрофов более характерно обогащение ^{15}N. Исследованные популяции *G. repens* и *H. paludosa* по содержанию ^{13}C не отличаются значимо от других растений с тех же пробных площадей, однако достоверно обогащены ^{15}N. Анализ изотопных подписей *H. paludosa* и *G. repens* показал, что они относятся к частично микогетеротрофным видам. Более ограниченный спектр микобионтов *H. paludosa* отражает условия произрастания вида, приуроченного к верховым сфагновым болотам.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект 16-04-01468.

Analysis of mycoheterotrophy in *Goodyera repens* (L.) R.Br. and *Hammarbya paludosa* (L.) Kuntze

Dmitriev G.V.
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Orchidaceae family is among the biggest within angiosperms. All orchid species are completely dependent on their symbiotic fungi (mycoheterotrophic) at the first stages of their ontogeny. Analysis of mycoheterotrophy was carried out for two orchid species *Goodyera repens* and *Hammarbya paludosa* different in ecology.

Inner mycobiota of orchids' underground parts was identified by molecular methods. Trophic status of populations was studied by stable isotope method.

In *G. repens* roots and rhizomes 28 mycobiont and endophyte taxa were detected (Ascomycota – 19, Basidiomycota – 8, Mucoromycota – 1), in *H. paludosa* rhizomes – 4 taxa from Basidiomycota (2) and Ascomycota (2). Analysis of mycobionts diversity shows that fungi with different ecological strategies can be involved into symbiotic interactions. Orchid species studied seem to be mixotrophic because some fungi have symbiotic interactions both with trees (only conifers) and orchids.

Isotope signatures of *G. repens* vary from -38.46 to -24.46 ‰ for $\delta^{13}C$ and from -6.44 to -2.39 ‰ for $\delta^{15}N$, *H. paludosa* - from -36.82 to -25, 92 ‰ for $\delta^{13}C$ and from -1.9 to 3.31 ‰ for $\delta^{15}N$. Usually plant heterotrophy is quite clearly characterized by the increase in concentration of ^{13}C and ^{15}N in their tissues comparing to autotrophs. Investigated *G. repens* and *H. paludosa* populations don't differ in ^{13}C content from the other plants at the same sample plot, but they are significantly enriched in ^{15}N. Analysis of *H. paludosa* and *G. repens* isotope signatures showed that they belong to partially mycoheterotrophic species with a high degree of autotrophy. The narrower spectrum of *H. paludosa* mycobionts can be explained by the preference of bog habitats.

The research was supported by RFBR, project 16-04-01468.

Микоризный статус липы (*Tilia cordata*) в Летнем саду и Ботаническом саду Петра Великого (Санкт-Петербург): разнообразие грибных партнеров и тип микоризной колонизации

Дудка В.А.
Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
dudkavasiliy.a@gmail.com

В последние годы микоризный симбиоз привлекает пристальное внимание исследователей. Однако некоторые аспекты микоризы изучены все еще недостаточно, в том числе это касается вопросов изучения микоризного статуса различных видов широколиственных деревьев, распространенных в умеренной зоне, а также произрастающих в искусственных условиях городских парковых насаждений и питомников. Проведенное исследование посвящено изучению микоризы липы на территории Санкт-Петербурга, в Летнем саду и Ботаническом саду Петра Великого. Для изучения микоризной колонизации применялись методы световой микроскопии, а для идентификации эктомикоризных симбионтов проводился молекулярно-генетический анализ

микоризных окончаний (по ITS маркеру). Исследование срезов корней *T. cordata* показало разнообразную схему микоризной колонизации: в Летнем саду практически все исследованные деревья были в достаточной степени колонизированы эктомикоризными грибами (показатель средней интенсивности колонизации (M%) был > 54), и у двух изученных деревьев имелись также признаки наличия арбускулярной микоризы; для Ботанического сада степень эктомикоризной колонизации была выше (у двух деревьев эктомикориза была хорошо развита, ср. M% = 94), а арбускулярная микориза отсутствовала. У некоторых деревьев из Летнего сада был выявлен довольно уникальный морфотип арбускулярной микоризы, чья анатомо-морфологическая структура отмечается впервые у древесных растений умеренного климата. Всего было выявлено 30 таксонов грибов видового и внутривидового ранга, ассоциированных с корнями *T. cordata* (16 в Летнем саду и 15 в Ботаническом саду), большинство из которых (23) являются эктомикоризными симбионтами. В качестве симбионтов липы впервые отмечены: *Clitopilus piperitus, Inocybe muricellata, I. posterula, Helvellosebacina concrescens, Scleroderma areolatum, Helvella elastica, Tomentella badia, Tuber rufum, T. scruposum* и *Peziza michelii*.

Mycorrhizal status of *Tilia cordata* in the Summer Garden and Peter the Great Botanical Garden (Saint Petersburg): diversity of fungal partners and type of mycorrhizal colonization

Dudka V.A.
St. Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

In recent years, mycorrhizal symbiosis was constantly being at the centre of attention of researchers. However, some aspects of mycorrhiza have been studied not enough, including the mycorrhizal status of species of broadleaf trees common in the temperate zone as well as trees growing in parkland ecosystems and nurseries under urban conditions. The present study is devoted to investigation of mycorrhiza of *Tilia cordata* growing in the Summer Garden and the Botanical Garden located in the centre of Saint Petersburg. The method of light microscopy was applied for evaluation of mycorrhizal colonization level. The diversity of ectomycorrhizal symbionts was identified by extracting DNA from mycorrhizal tips and subsequent sequencing of nrITS marker. Examination of cross-sections of *T. cordata* root tips in light microscope has shown diverse pattern of fungal colonization: for Summer Garden, most of the studied trees were colonized by ectomycorrhizal fungi (the average intensity of the mycorrhizal colonisation in the root system (M%) was > 54), and for two trees the structures of arbuscular mycorrhiza were revealed; for the Botanical Garden, the level of ectomycorrhizal colonization was higher (ectomycorrhiza was well developed in two trees, average M% = 94) and arbuscular mycorrhiza was absent. The peculiar morphotype of arbuscular mycorrhiza was found from the *T. cordata* root tips collected in the Summer Garden. Currently, this morphotype is recorded for the first time in tree species growing in the temperate climate. A total of 30 fungal taxa of species and intraspecific rank associated with *T. cordata* roots have been detected (16 – In the Summer Garden and 15 – in the Botanical Garden), most of which (23) were ectomycorrhizal symbionts. Some species, *Clitopilus piperitus, Inocybe muricellata, I. posterula, Helvellosebacina concrescens, Scleroderma areolatum, Helvella elastica, Tomentella badia, Tuber rufum, T. scruposum* and *Peziza michelii*, were revealed as mycorrhizal partners of *T. cordata* for the first time.

Своеобразие лихенофлоры высокогорий Дагестана

Исмаилов А.Б.
Горный ботанический сад ДНЦ РАН, Махачкала, Россия
i.aziz@mail.ru

Высокогорный Дагестан является одной из наименее лихенологически изученных частей республики, где было известно всего 26 видов лишайников. В ходе полевых исследований и при обработке некоторых локальных сборов, число видов увеличилось более чем на 240 и составляет около 270 видов. Среди них, в Дагестане, только из высокогорий известно около 130 видов. Здесь преобладают сланцевые и песчаниковые породы и, в отличие от известняковой части республики, максимальные высоты превышают 4000 м, а количество годовых осадков доходит до 1200 мм. Вследствие литологических и высотных особенностей района, здесь встречаются специфичные виды лишайников, например, некоторые эпилиты из родов *Acarospora, Carbonea, Cornicularia, Brodoa, Lecidea, Montanelia, Pertusaria, Porpidia, Rhizocarpon, Umbilicaria*, которые не произрастают в остальной части Дагестана. То же прослеживается и среди напочвенных видов. Помимо лишайников, встречающихся в горах Дагестана (например, *Cetraria aculeata, C. ericetorum, C. islandica, C. muricata, Cladonia* spp., *Flavocetraria cucullata, F. nivalis, Peltigera* spp., *Toninia* spp., *Solorina bispora, S. saccata, S. spongiosa, Thamnolia vermicularis, Xanthoparmelia* spp. и др.), только из высокогорий известны *Allocetraria madreporiformis, Bilimbia sabuletorum, Rinodina turfacea, Bryoria bicolor, Fuscopannaria praetermissa, Peltigera aphthosa, P. lepidophora, P. venosa, Protopannaria pezizoides, Stereocaulon alpinum* и др. Также своеобразен состав эпифитов в лесах высокогорий, что заметно прослеживается по кустистым и листоватым лишайникам. Например, в смешанных хвойно-широколиственных лесах встречаются виды рода *Lobaria, Leptogium, Ramalina, Usnea, Parmeliopsis, Nephroma*, не известные в лесах за пределами высокогорий. Здесь локализованы местопроизрастания пяти (*Leptogium hildenbrandii, Letharia vulpina, Lobaria pulmonaria, Tornabea scutellifera, Usnea florida*) из шести известных в Дагестане видов-эпифитов, охраняемых на федеральном уровне. При этом *Leptogium hildenbrandii* и *Lobaria pulmonaria* известны в Дагестане только из высокогорий.

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ № 15-29-02396.

Peculiar biodiversity of lichens in the high mountainous Dagestan

Ismailov A.B.
Mountain Botanical Garden of the Dagestan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia

On grounds of lichenofloristic data, the high mountainous Dagestan is one of the least investigated parts of the republic for which only 26 species were known. During a short field work in some localities the number of species increased by more than 240 and is currently about 270 species. Among them about 130 species are known in Dagestan only from high mountainous part. The slate and sandstone rocks are predominant there. In contrast to limestone part of the region the maximal altitudes exceed 4000 m, and annual rainfall is up to 1200 mm. Due to the lithological and altitudinal features of the territory the specific lichens grow there which are not recorded for other parts of Dagestan, e.g. some epilithic species of *Acarospora*, *Carbonea*, *Cornicularia*, *Brodoa*, *Lecidea*, *Montanelia*, *Pertusaria*, *Porpidia*, *Rhizocarpon*, *Umbilicaria*. Among terricolous lichens there are also specific species. Besides lichens widespread in Dagestan mountains (e.g. *Cetraria aculeata*, *C. ericetorum*, *C. islandica*, *C. muricata*, *Cladonia* spp., *Flavocetraria cucullata*, *F. nivalis*, *Peltigera* spp., *Toninia* spp., *Solorina bispora*, *S. saccata*, *S. spongiosa*, *Thamnolia vermicularis*, *Xanthoparmelia* spp. etc.), only from high mountainous part *Allocetraria madreporiformis*, *Bilimbia sabuletorum*, *Rinodina turfacea*, *Bryoria bicolor*, *Fuscopannaria praetermissa*, *Peltigera aphthosa*, *P. lepidophora*, *P. venosa*, *Protopannaria pezizoides*, *Stereocaulon alpinum* etc. are known. There are also specific species among epiphytic lichens, especially from foliose and fruticose growth forms. In mixed high mountainous coniferous broad-leaved forests species of *Lobaria*, *Leptogium*, *Ramalina*, *Usnea*, *Parmeliopsis*, and *Nephroma* occur which are not recorded at other forest parts of Dagestan. There are five from six rare and vulnerable epiphytic lichens (*Leptogium hildenbrandii*, *Letharia vulpina*, *Lobaria pulmonaria*, *Tornabea scutellifera*, *Usnea florida*) known in Dagestan occurring in high mountains. Among them *Leptogium hildenbrandii* and *Lobaria pulmonaria* are known in Dagestan only from high mountainous part.

This work was supported by a grant from the Russian Foundation for Basic Research (no. 15-29-02396).

Оценка пространственной изученности агарикоидных базидиомицетов Северо-Запада европейской части России

Калинина Л.Б.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
LKalinina@binran.ru

С целью обобщения и картирования имеющихся данных по агарикоидным базидиомицетам Северо-Запада европейской части России была создана база данных, в которую были занесены сведения (виды и их местонахождения) из 46 публикаций, содержащих флористические списки. Всего на территории Ленинградской области (включая Санкт-Петербург) выявлено 1135 видов, Новгородской – 456, Псковской – 531 вид. Количество выявленных видов позволяет оценить разнообразие биоты, но составить представление об особенностях распространения грибов и степени изученности территории довольно сложно. В связи с этим было проведено картирование находок на основании сведений о местонахождениях, полученных из базы данных. Поскольку публикации различаются по степени детализации географических привязок, было выделено три уровня детализации – административные области, районы и локалитеты. Карта с областями позволяет оценить степень их изученности относительно друг друга и охватывает собой все данные. На карте с районами видно, что в некоторых из них или не проводились исследования, или данные не были опубликованы. В качестве самых мелких территориальных единиц были приняты ячейки Европейской хорологической сетки, причем использовались только данные с точной географической привязкой. Европейская хорологическая сетка (CGRS) представляет собой квадраты 50×50 км и используется при составлении Атласа флоры Европы. Исследуемая территория охватывается 113 квадратами, в 43 из которых зарегистрированы находки, т.е. явно видна неравномерность изученности.

Автор выражает глубокую благодарность Большакову С.Ю. за неоценимую помощь и поддержку.

Assessment of spatial studies coverage of agaricoid basidiomycetes of North-West of European Russia

Kalinina L.B.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

With the purpose of generalization and mapping of existing data on agaricoid basidiomycetes of North-West of European Russia geographical data on specimen records from 46 papers including annotated species lists were placed in a database. As a result, 1135 species were recorded for Leningrad region (including Saint-Petersburg city), 456 for Novgorod region and 531 for Pskov region. Existing papers allow to estimate biodiversity but it is hard to estimate distribution and coverage of agaricoid basidiomycetes. To bisualize the data mapping was performed, based on locality information from database. Studies do differ in locality specification – as locality regions, or districts, or some geographical features, or geographic position can be extracted. Three levels of specification (detalization) were marked — state provinces (regions), districts and localities. Map based on provinces (regions) allows to compare their biodiversity and comprises all the data. Map with districts provides an opportunity to see that some districts have lack of studies or ones were not published. Cells of European chorological grid were used as the smallest territorial units and only data with exact geographic position were taken into account. European Chorological grid (CGRS) is used as a common grid for species distribution mapping in

Europe (Atlas Florae Europaeae) and represents grid with cells 50×50 km. Studied area is covered by 113 cells and in 43 cells the data exists. So here inequality of studies coverage can be seen clearly.

The author is very grateful to S.Yu. Bolshakov for valuable help and support.

Lichen diversity of the former Yugoslav Republic of Macedonia

Kaltenböck M.[1], Karadelev M.[2], Mayrhofer H.[3]
[1] Institute of Plant Sciences, University of Graz, Graz, Austria;
[2] Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Ss. Cyril and Methodius University, Skopje, Macedonia;
[3] Institute of Plant Sciences, University of Graz, Graz, Austria
[1] *m.kaltenboeck@edu.uni-graz.at*, [2] *mitkok@pmf.ukim.mk*, [3] *helmut.mayrhofer@uni-graz.at*

The lichen diversity of Macedonia is less investigated than of the most of European countries. The currently known lichen biota of the country comprises 675 species based on the evaluation of 147 published sources (Mayrhofer, H., Rohrer, A. & Bilovitz, P. O. *Phyton* 53, 23–72, 2013) and additions (Malíček, J. & Mayrhofer, H., *Herzogia* 30, 431-444, 2017) from recent field work and the evaluation of ten further publications. Due to research in alpine and subalpine belts of mountain ranges close to Macedonia, we know these areas provide a large number of species (e.g., Pavleltić, Z. & Murati, M., *Acta Botanica Croatica* 36, 165–171, 1977).

In order to increase our knowledge of lichen diversity in Macedonia, based on geological data, we chose six mountain ranges for detailed investigation by the first author. These areas include Jakupica mountain range, Šar Mountains, Korab mountain range, Baba Mountain, Voras Mountains and Kožuf Mountain. During July and August 2017, the first author collected more than 1000 specimens from 34 different sites. Ongoing identification work should be finished by June 2018. All results will be concluded in the Master Thesis of the first author. First results already indicate that an extensive investigation is necessary. Even common and easily recognizable species like *Vulpicida pinastri* (Scop.) J.-E. Mattsson & M.J. Lai are yet to be documented. Some of the new records are rare or new for the Balkan Peninsula.

Афиллофороидные грибы лесных сообществ Волго-Ахтубинской поймы

Курагина Н.С.
Волгоградский государственный университет, Волгоград, Россия
pipenko87@mail.ru

Волго-Ахтубинская пойма (далее ВАП) – это уникальный анклав лесной растительности среди степей и пустынь. Господствующей формацией является дубняк. Подлесок представлен следующими видами деревьев: *Acer tataricum*, *Amorpha fruticosa*, *Crataegus* spp., *Elaeagnus angustifolia*, *Prunus spinosa*, *Rhamnus cathartica* и др. В дубняках отмечено 60 видов афиллофороидных грибов, из них 33 вида являются специфичными, встречающимися только в данном экотопе. Например, такие виды, как *Abortiporus biennis* (Bull.) Singer, *Daedalea quercina* (L.) Pers. и др.

В состав осокорников входят *Populus alba*, *P. nigra* и *Salix* sp. Подлесок отсутствует или редкий (*Rhamnus cathartica*, *Salix* spp.). Довольно высокое разнообразие микобиоты исследуемой формации (63 вида афиллофороидных грибов) можно объяснить тем, что в сложении древостоя участвуют не только тополя, но и другие деревья. Специфичных видов 11: *Basidioradulum crustosum* (Pers.) Zmitr., Malysheva et Spirin, *Chondrostereum purpureum* (Pers.) Pouzar и др.

Монодоминантных ясеневых лесов крайне мало. В их составе: *Fraxinus lanceolata*, *Acer tataricum*, *Elaeagnus angustifolia*, *Morus alba*, *Populus* spp., *Quercus robur*, *Robinia pseudoacacia*, *Salix* spp., *Ulmus laevis*. Здесь зафиксирован 41 вид афиллофороидных грибов, из них 10 являются специфичными: *Ceraceomyces serpens* (Tode) Ginns, *Byssomerulius corium* (Pers.) Parmasto и др.

Сосняки представляют собой искусственные насаждения. В их составе зарегистрирован 41 вид афиллофороидных грибов. Высокое таксономическое разнообразие объясняется присутствием в подлеске *Acer* sp., *Chamaecytisus ruthenicus*, *Elaeagnus angustifolia*, *Rhamnus cathartica*, *Fraxinus lanceolata*, *Morus alba*, *Populus* sp., *Quercus robur*, *Robinia pseudoacacia*, *Ulmus laevis* и др. Видов, встречающихся только в сосняках, насчитывается 23: *Asterodon ferruginosus* Pat., *Auriscalpium vulgare* Gray и др.

Aphyllophoroid fungi of the forest communities of the Volga-Akhtuba floodplain

Kuragina N.S.
Volgograd State University, Volgograd, Russia

The Volga-Akhtuba floodplain (hereinafter VAF) is a unique enclave of forest vegetation among plains and deserts. The dominant formation is the oak forest. The undergrowth is represented by the following tree species: *Acer tataricum*, *Amorpha fruticosa*, *Crataegus* spp., *Elaeagnus angustifolia*, *Prunus spinosa*, *Rhamnus cathartica*, etc. In oak forests 60 aphyllophoroid fungi species were recorded, 33 of which are specific and found only in this ecotope, for example, such species as *Abortiporus biennis* (Bull.) Singer, *Daedalea quercina* (L.) Pers. etc.

The black poplar groves consist of *Populus alba*, *P. nigra* и *Salix* sp. The undergrowth is absent or rare (*Rhamnus*

cathartica, *Salix* ssp.). The fairly high variety of the mycobiota of the researched formation (63 aphyllophoroid fungi species) can be explained by the fact that not only poplars but also other trees participate in the stand composition (forest crop composition). There are 11 specific species: *Basidioradulum crustosum* (Pers.) Zmitr., Malysheva et Spirin, *Chondrostereum purpureum* (Pers.) Pouzar etc.

Monodominant ash-tree forests are extremely few. They include: *Fraxinus lanceolata*, *Acer tataricum*, *Elaeagnus angustifolia*, *Morus alba*, *Populus* spp., *Quercus robur*, *Robinia pseudoacacia*, *Salix* spp., *Ulmus laevis*. There 41 aphyllophoroid fungi species were recorded, 10 of which were specific: *Ceraceomyces serpens* (Tode) Ginns, *Byssomerulius corium* (Pers.) Parmasto etc.

Pine forests in the region are homogeneous stands. There were 41 aphyllophoroid fungi species registered. The high taxonomic variety can be explained by the presence of *Acer* sp., *Chamaecytisus ruthenicus*, *Elaeagnus angustifolia*, *Rhamnus cathartica*, *Fraxinus lanceolata*, *Morus alba*, *Populus* sp., *Quercus robur*, *Robinia pseudoacacia*, *Ulmus laevis* etc. in the undergrowth. There were 23 species found only in pine forests: *Asterodon ferruginosus* Pat., *Auriscalpium vulgare* Gray etc.

Применение методов ДНК-диагностики при оценке фитопатологического состояния сеянцев в лесных питомниках Алтайского края

Ларионова Т.И.[1,2], Шуваев Д.Н.[1], Кальченко Л.И.[1], Силантьева М.М.[2]
[1]Филиал ФБУ «Рослесозащита» – «Центр защиты леса Алтайского края», Барнаул, Россия;
[2] Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия;
larionovati@rcfh.ru

Устойчивость, приспособляемость, выживаемость и иные характеристики лесной популяции напрямую зависят от качества посадочного материала (ПМ), получаемого с лесных питомников.

Одним из способов оценки качества ПМ является проведение классического фитопатологического анализа. Однако в некоторых случаях он может приводить к ошибочной идентификации фитопатогенов, например, при невозможности выделения некоторых из них в чистую культуру. Данная проблема может быть решена с применением методов молекулярно-генетического анализа. Методы ДНК-анализа обладают рядом преимуществ, из которых главным является точность в определении патогенной флоры.

Для проведения ДНК-анализа отбирали сеянцы *Pinus sylvestris* L., *Larix sibirica* Ledeb., *Picea obovata* Ledeb., *Pinus sibirica* Du Tour разного года выращивания. Суммарная ДНК образцов была выделена из разных частей растения согласно CTAB-методу. ПЦР проводили с парой универсальных праймеров ITS1 и ITS4. После электрофореза в 1,0 % агарозном геле фрагменты выделяли из геля и очищали. Секвенирование проводили на секвенаторе модели ABI PRISM 310 с использованием BigDye Terminator v. 1.1 (Applied Biosystems, USA). Обработку исходных данных полученных последовательностей проводили в программе анализа биологических последовательностей BioEdit 7.1.3.0 и идентифицировали их с помощью web – платформы BLAST (NCBI).

В 2017 году из питомников Алтайского края было обследовано 360 образцов. Из общего количества обследованных сеянцев положительный сигнал на наличие грибных организмов присутствовал в 13 % случаев. Частоту встречаемости рассчитывали, как отношение числа образцов, в которых грибной организм обнаружен, к общему числу исследованных образцов. Наиболее высокую частоту встречаемости имеют: *Rhabdocline laricis* (Vuill.) Stone (*Meria laricis* Vuill.) и *Cladosporium herbarum* (Pers.) Link.

Application of DNA-diagnostics methods in assessing the phytopathological condition of seedlings in forest nurseries of the Altai Territory

Larionova T.I.[1,2], Shuvaev D.N.[1], Kalchenko L.I.[1], Silanteva M.M.[2]
[1] Branch of FBU "Roslesozaschita" – "Center of forest protection of the Altai Territory", Barnaul, Russia;
[2] Altai State University, Barnaul, Russia;

Stability, adaptability, survival and other characteristics of the forest population directly depend on the quality of planting material (PM) obtained from forest nurseries.

One way to assess the quality of PM is to conduct a classical phytopathological analysis. However, in some cases it can lead to erroneous identification of pathogens. For example, if it is impossible to isolate some of them into a pure culture. This problem can be solved using methods of molecular genetic analysis. DNA-analysis methods have a number of advantages, of which the main thing is the accuracy in determining the pathogenic flora.

For the DNA analysis seedlings of *Pinus sylvestris* L., *Larix sibirica* Ledeb., *Picea obovata* Ledeb., *Pinus sibirica* Du Tour of different age were selected. Total DNA of specimens was extracted from different parts of a plant using CTAB procedure.

PCR was performed with a pair of universal primers ITS1 and ITS4. PCR products were isolated from the gel and purified after electrophoresis on a 1.0% agarose gel. Sequencing was carried out on a sequencer of the ABI PRISM 310 model using BigDye Terminator v. 1.1 (Applied Biosystems, USA). The obtained raw sequences were processed in a BioEdit 7.1.3.0 biological sequence analysis program and identified taxonomically using the BLAST (NCBI) web-platform.

In 2017, 360 samples from nurseries of Altai region were examined. Of the total number of the examined seedlings positive signal for the presence of fungal organisms was present in 13% of plants. Frequency of occurrence was calculated

as the ratio of the number of samples in which the fungal organism was detected to the total number of samples studied. The highest frequency of occurrence was found in *Rhabdocline laricis* (Vuill.) Stone (Meria laricis Vuill) and *Cladosporium herbarum* (Pers.) Link.

Анализ видового разнообразия агарикоидных грибов хвойно-широколиственного леса в окрестностях г. Светлогорска (Калининградская область)

Машина В.Е., Володина А.А.
Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград, Россия
mashina.viktoriya@mail.ru, volodina.alexandra@gmail.com

В восточно-прусский период по данным W. Neuhoff (1933) в лесу Светлогорском указывалось на произрастание 67 видов агарикоидных базидиомицетов, относящихся к 29 родам и 19 семействам. В результате нерегулярных однодневных экскурсий в период с 1998 по 2013 гг. в северной части лесного массива было выявлено 129 видов, относящихся к 59 родам и 34 семействам. С учетом немецких данных в Светлогорском лесу возможно обитание, как минимум, 193 видов агарикоидных грибов. Наиболее богатыми семействами по видовому составу являются Russulaceae (26), Boletaceae (13), Cortinariaceae (10). Многовидовые роды – *Russula* (16 видов), *Lactarius* (10), *Amanita* (9), *Cortinarius* (7), *Mycena* (5) и *Hypholoma* (5). В исследуемом лесу встречаются редкие виды базидиальных грибов Калининградской области: *Strobilomyces strobilaceus* и *Mutinus caninus, Sparassis crispa, Grifola frondosa.* Ведущее положение занимает группа микоризообразователей 60 %, к ним относятся такие семейства как Russulaceae, Cortinariaceae, Tricholomataceae, Inocybaceae, Amanitaceae. Достаточно велика доля гумусовых и подстилочных грибов 14% и 11% соответственно, ведущие семейства в данной группе – Agaricaceae, Tricholomataceae, Strophariaceae, Entolomataceae. Наиболее часто, в качестве своего субстрата грибы выбирают широколиственные породы деревьев, которые преобладают в Светлогорском лесу. Немало видов связано с сосной обыкновенной (27 %) и березой (21%). Часто встречаемые виды: *Ampulloclitocybe clavipes Xerocomellus chrysenteron, Amanita fulva, Amanita citrina, Laccaria amethystina, Cotrinarius armillatus, Lactarius quietus*. Учитывая разнообразие древостоя лесного массива, с участием таких видов как, *Fagus sylvatica, Carpinus betulus, Quercus robur, Pinus sylvestris, Picea abies* и др., а также возраст деревьев, биота макромицетов должна быть богата, своеобразна и представляет интерес для дальнейшего изучения как с точки зрения оценки обилия и разнообразия ресурсных видов грибов, так и редких, занесенных в Красную книгу Калининградской области.

Mycobiota biodiversity of mixed forest in the vicinity of Svetlogorsk (Kaliningrad region)

Mashina V.E., Volodina A.A.
Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

According to W. Neuhoff (1933), 67 species of agaricoid basidiomycetes belonging to 29 genera and 19 families were recorded in the East Prussian period in the Svetlogorsk forest. As a result of irregular one-day excursions 129 species were identified, belonging to 59 genera and 34 families in the period from 1998 to 2013 in the northern part of the forest. At least 193 species of agaricoid and gasteroid fungi are inhabiting the Svetlogorsk forest according to the German and modern data. Multispecies families are Russulaceae (26), Boletaceae (13), Cortinariaceae (10). Multispecies genera are *Russula* (16 species), *Lactarius* (10), *Amanita* (9), *Cortinarius* (7), *Mycena* (5) and *Hypholoma* (5). There are four rare species of Basidiomycota fungi in Kaliningrad region: *Strobilomyces strobilaceus* and *Mutinus caninus, Sparassis crispa, Grifola frondosa* in the forest. Mycorrhizal fungi predominate (60%), including families Russulaceae, Cortinariaceae, Tricholomataceae, Inocybaceae, Amanitaceae. Quite large is a proportion of saprotrophs on humus and forest litter: 14% and 11% respectively (Agaricaceae, Tricholomataceae, Strophariaceae etc). Fungi most often prefer broad-leaved trees as its substrate. Many of the species are associated with Scots pine (27%) and birch (21%). Common species are *Ampulloclitocybe clavipes, Xerocomellus chrysenteron, Amanita fulva, Amanita citrina, Laccaria amethystina, Cotrinarius armillatus, Lactarius quietus*. Taking into account the diversity of forest stands, with the participation of species such as *Fagus sylvatica, Carpinus betulus, Quercus robur, Pinus sylvestris, Picea abies*, etc., as well as the age of trees, the biota of macromycetes should be rich, peculiar and of interest for further study in terms of assessing the abundance and diversity of both industrially important species of fungi and rare species listed in the red book of the Kaliningrad region.

Видовое разнообразие и экологические особенности миксомицетов (Myxomycetes) разнотипных сообществ Воронежской области

Мелькумов Г.М.
Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия
agaricbim86@mail.ru

Миксомицеты (слизевики) – группа грибообразных, наземных, спорообразующих протистов, включающих более 900 видов, объединенных в 5 порядков. Предполагают, что они влияют на численность бактерий в различных экосистемах и могут выступать биоиндикаторами загрязнения окружающей среды.

Видовой состав миксомицетов Воронежской области практически не изучен, имеются лишь разрозненные данные по этой группе организмов. Так, А.А. Ячевский (1907) приводит сведения лишь о 2 видах миксомицетов, А.И. Ртищева (1992) – 34, Ю.К. Новожилов (1993) – 13, Н.А. Радькова (1995) – 18, А.И. Ртищева, Н.А. Родионова (2005) – 16.

В этой связи были проведены специальные исследования видового разнообразия миксомицетов на территории Воронежской области. Материалом для работы послужили плодовые тела (спорофоры) миксомицетов, собранные в природе и фрагменты субстратов (кусочки коры, листьев деревьев), для последующего проведения метода влажных камер в лаборатории.

В результате в период с 2015 по 2017 гг. было обнаружено 33 вида, относящихся к классу *Myxomycetes*, 4 порядкам, 8 семействам и 19 родам, из которых 12 видов слизевиков оказались новыми для области.

При анализе субстратной специализации выявленных видов, установлено, что подавляющее число миксомицетов образуют спорофоры на коре сухих валежных деревьев (17 видов), коре валежных деревьев *Acer platanoides* (7), *Quercus robur* (6), коре валежных деревьев и опавших листьях *Tilia cordata* (4). Наименьшее число представителей обнаружено на опавших листьях *Betula pendula*, *Quercus robur* и *Ulmus pumila*, коре *Fraxinus excelsior* (1).

Было обнаружено, что число видов миксомицетов, выявленных в естественных условиях обитания или изолированных на субстратах в чашках Петри, в целом близкое и составляет 18 и 23 вида соответственно.

Необходимо детальное изучение скрытого разнообразия миксомицетов на рассматриваемой территории.

Species diversity and ecological characteristics of the slime molds (Myxomycetes) in diverse communities of the Voronezh region

Melkumov G.M.
Voronezh State University, Voronezh, Russia

Myxomycetes (slime molds) are a group of fungus-like terrestrial spore-forming protists including about 1000 species combined in 5 orders. It is assumed that they can influence on bacterial populations in different ecosystems and might be bioindicators of environmental pollution.

The species composition of myxomycetes of the Voronezh region is poorly studied, there are only scattered data on this group of organisms. So, A.A. Yachevskay (1907) provides information only about 2 species of slime molds, A.I. Rtishcheva (1992) – 34, Yu.K. Novozhilov (1993) – 13, N.A. Rad'kova (1995) – 18, A.I. Rtishcheva, N.A. Rodionova (2005) – 16.

In this connection, special studies of the species diversity of myxomycetes on the territory of the Voronezh Region were carried out. The material studied was the fruit bodies (sporophores) of myxomycetes collected in nature and substrate samples (pieces of bark, dead leaves of wood) for the subsequent moist chamber experiments in laboratory.

As a result, in the period from 2015 to 2017, 33 species belonging to the class *Myxomycetes* from 4 orders, 8 families and 19 genera were found, of which 12 species were new for the region.

The analysis of substrate specialization of the identified species has shown that most of myxomycetes form sporophores on the bark of dry dead trees (17 species), the bark of dead trees *Acer platanoides* (7), *Quercus robur* (6), the bark of dead trees and fallen leaves of *Tilia cordata* (4). The lowest number of species was found on the fallen leaves of *Betula pendula*, *Quercus robur* and *Ulmus pumila*, and on the bark of *Fraxinus excelsior* (1).

It was found that the number of species of myxomycetes found in natural habitats or isolated on substrates in petri dishes is generally close to 18 and 23 species, respectively.

A detailed study of the hidden diversity of myxomycetes in the territory under consideration is necessary.

Накопление тяжёлых металлов базидиомами макромицетов в урбоэкосистеме г. Кирова

Попыванов Д.В.[1], Широких А.А.[1,2], Широких И.Г.[1,2]
[1] Вятский государственный университет, Киров, Россия;
[2] Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого, Киров, Россия
1fast@mail.ru

Городская среда, несмотря на сильное различие с естественными природными экосистемами в физико-химических свойствах почв, структуре биотических сообществ, а также в уровне антропогенного загрязнения, является пригодной для роста некоторых видов грибов. Вопреки высокой антропогенной нагрузке, базидиомицеты в условиях города способны образовывать плодовые тела и накапливать в них тяжелые металлы (ТМ). Этим обусловлена актуальность изучения видового разнообразия базидиомицетов в городской среде и оценки их способности аккумулировать наиболее распространенные в этих условиях ТМ.

В результате проведенных исследований на территории парков г. Кирова в течение 2017 г. обнаружено 18 видов базидиомицетов, принадлежащих к порядкам *Polyporales, Agaricales, Russulales.* Ни один из обнаруженных видов не встречался одновременно во всех 6 экотопах. По эколого-трофической принадлежности 15 видов относятся к дереворазрушающим грибам. Наиболее широко в городской среде распространены представители порядка *Polyporales:* виды *Bjerkandera adusta* и *Trametes gibbosa.*

Анализ содержания ТМ в плодовых телах обнаруженных базидиомицетов выполнялся по методике В.И. Отмахова (2004). Наибольшим накоплением свинца (15,93 мг/кг) и цинка (222,19 мг/кг) отличался

подстилочный сапротроф *Coprinus disseminatus*, высоким содержанием меди (90,63 мг/кг) – ксилотроф *T. hirsuta*. Биологические особенности видов определяли избирательную аккумуляцию различных металлов грибами.

Полученные результаты позволяют использовать базидиомицеты в качестве биоиндикаторов загрязненности ТМ городской среды, а также указывают на возможность их использования для селективного удаления ТМ из различных сред и объектов.

Accumulation of heavy metals by the basidiomes of macromycetes in the urban ecosystem of Kirov

Popyvanov D.V.[1], Shirokikh A.A.[1,2], Shirokikh I.G.[1,2]
[1] Vyatka State University, Kirov, Russia;
[2] Federal Agricultural Research Center of the North-East named after N.V.Rudnitsky, Kirov, Russia

Despite the fact that the urban environment differs a lot from natural wild ecosystems in the physical and chemical properties of soils, the structure of biotic communities, and also in the level of anthropogenic pollution, it is still suitable for the growth of some species of fungi. In spite of the high anthropogenic load, basidiomycetes in a city can form fruit bodies and accumulate heavy metals (HM). This constitutes the importance of the problem of studying the species diversity of basidiomycetes in the urban environment and assessing their ability to accumulate the most common HM.

As a result of investigations on the territory parks of Kirov in 2017 a total of 18 species of basidiomycetes from the orders *Polyporales*, *Agaricales*, *Russulales* were found. None of the species was found simultaneously in all 6 ecotopes. 15 species belong to wood-destroying fungi. Two species from the order *Polyporales* are the most common in the urban environment: *Bjerkandera adusta* and *Trametes gibbosa*.

Analysis of the content of HM in the fruit bodies of basidiomycetes was carried out according to V.I. Otmahov (2004). The largest accumulation of lead (15.93 mg / kg) and zinc (222.19 mg / kg) was shown for litter saprotroph *Coprinus disseminatus*, a high copper content (90.63 mg / kg) for xylotroph *T. hirsuta*. It was demonstrated that selective accumulation of different metals by the fungi was determined by the biological features of the species.

The obtained results allow using basidiomycetes as bioindicators of contamination of urban environment with HM and also point towards the possibility of their use for selective removal of TM from various environments and objects.

Молекулярная филогения морфологического вида *Lepidoderma chailletii* (Mycomycetes)

Приходько И.С.[1], Щепин О.Н.[2], Новожилов Ю.К.[2]
[1] Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;
[2] Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
hypnothotep@gmail.com

Внутри филума *Amoebozoa* миксомицеты (или эуплазмодиальные слизевики) являются уникальной группой, которая характеризуется специфическим жизненным циклом (ЖЦ) с настоящим половым процессом, макроскопическими плодовыми телами и гаплоидными спорами. Детали строения двух последних стадий ЖЦ легли в основу макросистематики слизевиков, которая почти не претерпела изменений с приходом эры молекулярных исследований. Тем не менее, почти полное отсутствие данных о природных популяциях миксамёб вкупе с условной космополитичностью ряда морфологических видов даёт нам повод для проверки применимости филогеографической гипотезы Бейеринка к данной группе амебоидных протист и пересмотра микросистематики отдельных родов и видов.

Для проверки гипотезы "всё есть везде" и описания предполагаемого скрытого биоразнообразия мы выбрали широко распространённый вид нивальных миксомицетов *Lepidoderma chailletii*, зачастую упоминаемый в литературе как синоним, подвид или морфа морфовида *Lepidoderma carestianum*. В рамках нашей работы были получены нуклеотидные последовательности фрагмента 18S рРНК гербарных образцов вышеназванных видов, а также близких по морфологии плодовых тел и/или экологии морфовидов родов *Lepidoderma*, *Diderma* и *Didymium*. Построенное по алгоритму максимального правдоподобия филогенетическое дерево выявило по крайней мере 4 монофилетических клад (гипотетических биологических видов), включающих представителей морфовида *Lepidoderma chailletii*, характеризуемых привязанностью к определённым географическим регионам. Помимо этого, молекулярное дерево показало нечёткость границ между родами *Diderma* и *Lepidoderma*, что может послужить поводом для ревизии всего семейства *Didymiaceae*. Дальнейшие исследования с применением независимых генетических маркеров, а также сканирующей электронной микроскопии могут позволить окончательно решить ряд вопросов микросистематики и филогеографии этой группы организмов.

Molecular phylogeny of the morphological species *Lepidoderma chailletii* (Myxomycetes)

Prikhodko I.S.[1], Shchepin O.N.[2], Novozhilov Y.K.[2]
[1] St. Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia;
[2] Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

Within the phylum *Amoebozoa*, myxomycetes (or plasmodial slime molds) are a unique group characterized by a specific life history (LH) which includes a sexual process, macroscopic fruiting bodies and haploid spores. Morphological traits of the last two stages of the LH formed the basis of the macrosystematics, which has little changed since the

beginning of the era of molecular studies. Nevertheless, the almost complete lack of data about natural populations of myxamoebas, coupled with the supposed cosmopolitanism of a number of morphological species, gives us an opportunity to test the Beijerinck's phylogeographical hypothesis on this group of amoeboid protists and to revise the microsystematics of particular genera and species.

To test the "everything is everywhere" hypothesis and to identify a possible hidden biodiversity, we chose a widespread morphological species of nivicolous myxomycetes *Lepidoderma chailletii*, which is often considered as a synonym, subspecies, or morph of *Lepidoderma carestianum*. In our work, the partial sequences of 18S rRNA gene were obtained from herbarium specimens of *L. chailletii*, *L. carestianum* and some species of *Lepidoderma*, *Diderma* and *Didymium* similar in morphology and/or ecology to these two species. The maximum likelihood phylogenetic tree revealed at least 4 monophyletic clades (hypothetical biological species) consisting of *Lepidoderma chailletiti* specimens and demonstrating some geographical patterns in ribotype distribution. In addition, the phylogeny points towards paraphyletic nature of *Diderma* and *Lepidoderma*, which could be a reason for the revision of the entire family *Didymiaceae*. Further studies using independent genetic markers, as well as SEM, should be conducted to confirm the current data and to resolve a number of questions on microsystematics and phylogeography of this group of organisms.

Географический анализ лишайников Чёнковского лесничества (Гомельская область, Беларусь)

Ропот А.В.
Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины, Гомель, Беларусь
a.ropot@list.ru

Лихенобиота Чёнковского лесничества, на территории которого находится учебно-научная база ГГУ им. Ф. Скорины, в настоящее время включает 118 видов лишайников. Географический анализ позволил выделить 5 географических элементов: бореальный (50 видов), неморальный (38), мультизональный (28), аридный и гипоарктомонтанный (по 1 виду). На основе анализа регионального распространения лишайников выделены 5 типов ареалов. Значительно участие видов, имеющих обширные ареалы – мультирегиональный (64 вида) и голарктический (50). Число видов, имеющих ограниченные ареалы (евразиатский – 2 вида, европейский и палеарктический – по 1) очень мало. Следовательно, лихенобиота может быть охарактеризована как неморально-бореальная, обладающая низкой специфичностью, что соответствует лихенобиоте Беларуси в целом (Горбач, 1980).

Geographical analysis of lichens of Chenki forest (Gomel region, Belarus)

Ropot A.V.
F. Skorina Gomel State University, Gomel, Belarus

Currently 118 lichen species are known from Chenki forest, which housed F. Skorina Gomel State University's scientific field camp. Geographical analysis revealed 5 geographic elements, namely boreal (50 species), nemoral (38), multizonal (28 species), arid and hypo-arctic-montane (1 species each). Five area types were stated based on lichen regional distribution. Most species have large areas, i.e. multiregional (64 species) and holarctic (50). Only four lichens have limited areas, namely Eurasian (2), European and Palearctic (1 species each). Thus, the lichen biota is nemoral-boreal and has low specificity, which is in concordance to other data from Belarus (Gorbach, 1980).

Особенности микоризообразования лиственницы сибирской в условиях Северного и Приполярного Урала

Сизоненко Т.А., Дубровский Ю.А.
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия
tvor.83@mail.ru, dubrovsky@ib.komisc.ru

Лиственница сибирская, как и все виды рода *Larix*, является облигатно микоризным видом, что способствует лучшему снабжению растения питательными веществами и водой, устойчивостью к стрессовым и экстремальным условиям среды, защите от корневых патогенов. Цель работы – изучить и сравнить особенности формирования эктомикориз *Larix sibirica* Ledeb. в разных типах растительных сообществ (зеленомошных и травяных) вдоль высотного градиента в пределах Северного и Приполярного Урала. Образцы тонких корней лиственницы с микоризами отбирали в пяти сообществах зеленомошного типа и шести сообществах травяного типа. Определяли интенсивность микоризообразования и плотность эктомикориз. На анатомических срезах под микроскопом у каждого корневого окончания фиксировали толщину грибного чехла, количество таниновых клеток в коре корня, радиус эктомикоризы, наличие внутриклеточных образований, подтип грибного чехла.

Микоризы лиственницы были представлены эумицетными хальмофаговыми эктомикоризами с девятью подтипами грибных чехлов: плектенхиматического (A, B, Bч, E), псевдопаренхиматического (F, Fч, H), двойного (O) и бесструктурного (RS) сложения. Микоризы лиственницы в зеленомошных сообществах, по сравнению с травяными, характеризовались меньшим разнообразием грибных чехлов, что сопровождалось компенсаторным увеличением доли псевдопаренхиматических чехлов, являющихся физиологически более активными. Интенсивность микоризации лиственницы в исследуемых сообществах варьировала от 64 до 100% и не зависела от

высоты над уровнем моря, экологических условий фитоценозов, числа видов растений в сообществе. В травяных сообществах по сравнению с зеленомошными увеличивалось общее разнообразие подтипов грибных чехлов в микоризах лиственницы, однако ряд количественных показателей, характеризующих развитие микориз, был достоверно ниже. С увеличением высоты над уровнем моря в обоих типах сообществ увеличивались плотность эктомикориз и доля таниновых клеток в коре корня, снижались длина, диаметр эктомикоризы, диаметр собственно корня, толщина и объемная доля грибного чехла.

Mycorrhiza of *Larix sibirica* Ledeb. in the Northern and Subpolar Ural Mountains

Sizonenko T.A., Dubrovskiy Y.A.
Institute of Biology of Komi Scientific Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia

Larix sibirica Ledeb. As well as all other species of *Larix* is an obligate mycorrhizal species. Mycorrhizas provide plants better nutrition and water supply, resistance against stress and extreme environment, protection from root pathogens. The aim of our research was to study and compare the features of ectomycorrhizas (EM) of *Larix sibirica* in the different types of plant communities (forests with green moss and herb) at the elevation gradient within the Northern and Subpolar Urals. The samples of *Larix* fine roots were collected from five communities of green moss type and six communities of herb type. The parameters under study were the intensity of mycorrhiza formation and the density of EM. Using microscope, for each root sample we registered mantel thickness, number of tannin cells in the bark of root, radius of EM, intracellular formations and type of fungal mantel.

Larix EM were presented by nine types of mantels of plectenchymatic (A, B, Bch, E), pseudoparenchymatic (F, Fx, H), double (O) and unstructured (RS) constitution. Compared to herb communities, *Larix* EM from the green moss sites have lower diversity of mantels followed by compensatory increase of the proportion of pseudoparenchymatic mantels that are more physiologically active. The intensity of mycorrhization of *Larix* at the sites under study varied from 64% to 100% and was not dependent from elevation, ecological factors and species richness of plant communities. At herb sites, total diversity of mantels was higher than at green moss sites, but several quantitative characteristics indicating the development of EM were lower. With increased elevation at both types of study sites the density of EM and proportion of tannin cells increased, while EM length and diameter, root diameter, thickness and volume ratio of mantel decreased.

Сайт «Миксомицеты России» как многоаспектный тематический проект в сети Интернет

Смольнякова Ю.А.[1], Мелькумов Г.М.[2]
[1] Волгоградский региональный Ботанический сад, Волгоград, Россия
[2] Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия
[1] *smolnyakova.y.a@yandex.ru*, [2] *agaricbim86@mail.ru*

В современном обществе в связи с развитием мощной интернет структуры появилась возможность в кратчайшие сроки находить нужную биологическую информацию. Однако до настоящего времени на просторах сети имелись лишь разрозненные данные в виде статей, монографий и фотографий о грибообразных спорообразующих протистах, таких как миксомицеты.

Сайт «Миксомицеты России» (http://www.bio.vsu.ru/bim/myxomycetes/) позволит популяризировать сведения о миксомицетах, даст возможность вести быстрый поиск в огромных массивах сведений в сети Интернет, полученных в результате многолетних исследований миксомицетологов, а также персонифицировать вклад наиболее выдающихся специалистов в России и за рубежом.

На сайте представлена информация об истории изучения миксомицетов, методики сбора и гербаризации, приведены подробные определительные ключи в соответствии с современной классификацией и таксономией, имеются разделы о научных проектах, съездах, симпозиумах, научных фильмах и библиотеках. На страницах сайта представлены данные о морфологии, анатомии, экологии, генетики и физиологии миксомицетов. Большое значение играет приведенная иконотека, включающая более 500 иллюстраций и фотографий.

В результате предполагается получить наиболее многогранную информационно-поисковую систему, не имеющую аналогов в современной отечественной и мировой научной практике, которая будет использоваться не только узкими специалистами, но и учеными других фундаментальных и прикладных наук, а так же для широкого круга пользователей, как русскоязычных, так и иностранных.

Помимо этого, запланированы отдельные биографические и персональные страницы. Разделы по научной литературе (научным статьям, определителям, учебно-методические пособиям, монографиям, научным журналам, научно-популярным материалам) будут интерактивно связаны друг с другом, а также с систематическими группировками.

The website "Myxomycetes of Russia" as a multidimensional thematic project on the Internet

Smolnyakova Yu.A.[1], Melkumov G.M.[2]
[1] Volgograd Regional Botanical Garden, Volgograd, Russia;
[2] Voronezh State University, Voronezh, Russia

In modern society, in connection with the development of a powerful Internet structure, it became possible to find the

necessary biological information in the shortest possible time. However, up to the present time there were only scattered data in the form of articles, monographs and photographs about mushroom-like spore-forming protists such as Myxomycetes.

The website "Myxomycetes of Russia" (http://www.bio.vsu.ru/bim/myxomycetes/) will allow to popularize information about Myxomycetes, will make it possible to conduct a quick search in huge massifs of information on the Internet obtained as a result of many years of research by Myxomycetologists, and also personalize the contribution of the most outstanding specialists in Russia and abroad.

The website contains information on the history of the study of myxomycetes, methods of collection and herbarization, detailed identification keys in accordance with the modern classification and taxonomy, sections on scientific projects, congresses, symposia, scientific movies and libraries. The website contains data on morphology, anatomy, ecology, genetics and physiology of myxomycetes. Important is the image library provided, which includes more than 500 illustrations and photographs.

As a result, it is supposed to represent the most multifaceted information retrieval system, which has no analogues in modern domestic and worldwide scientific practice, which can be used not only by specialists specialized in this field, but also by scientists of other fundamental and applied sciences, as well as a wide range of users, both Russian and foreign.

In addition, separate biographical and personal pages are planned. Sections on scientific literature (scientific articles, determinants, teaching aids, monographs, scientific journals, popular science materials) will be interactively linked with each other, as well as with systematic groupings.

Исторические изменения в лихенофлоре южной части Карельского перешейка

Степанчикова И.С.[1,2]
[1] Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;
[2] Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
i.stepanchikova@spbu.ru, stepanchikovais@binran.ru

Антропогенное влияние на лихенофлору южной части Карельского перешейка можно условно разделить на следующие составляющие: (1) атмосферное загрязнение; (2) уничтожение местообитаний по мере роста мегаполиса; (3) трансформация естественных местообитаний в результате хозяйственной деятельности и рекреации; (4) создание новых субстратов и местообитаний. Кроме городской среды и связанных с ней негативных воздействий, лихенофлора района исследований претерпела значительные изменения в результате утраты и преобразования естественных лесных сообществ, в том числе старовозрастных малонарушенных лесов. Можно предположить, что 31 вид из 38, известных только по историческим данным (до 1991 г.), исчез в южной части Карельского перешейка; для еще 22 видов отмечено сокращение числа местонахождений, не менее чем для 17 видов показана выраженная тенденция к утрате местонахождений в черте городской застройки и в ближайших окрестностях города. В целом, можно говорить о выявленной негативной временно́й динамике в распространении не менее чем 13 % лихенофлоры района исследований. С другой стороны, в результате деятельности человека происходит и обогащение лихенофлоры. Создание новых субстратов и местообитаний — в первую очередь, бетонных сооружений, — способствует обогащению лихенофлоры новыми видами. В настоящее время нетронутых лесов в районе исследований не осталось, но присутствуют крайне небольшие фрагменты старовозрастных древостоев с естественной динамикой, а также старые парки. Такие местообитания заслуживают в южной части Карельского перешейка особой охраны.

Historical changes in lichen flora of southern part of Karelian Isthmus

Stepanchikova I.S.[1,2]
[1] St. Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia;
[2] Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

Human activity changes ecosystems and therefore influences biodiversity, including lichens. Karelian Isthmus has been influenced by human population for a long period; at the same time, it has been studied by lichenologists for more than 200 years. Southern part of Karelian Isthmus (SIk) is situated on a border of a big city (St. Petersburg) and natural landscapes, so this territory is a good model area for study of historical dynamics of the lichen biota. Anthropogenic press on the study area includes: (1) air pollution, (2) destruction of habitats, (3) transformation of natural habitats (forestry, agriculture, recreation etc.), (4) production of new substrates (e.g. concrete) and habitats (parks, fortifications etc.). It is urgent to study the biodiversity dynamics now and to make decisions concerning nature protection, otherwise too much can be lost.

Study of historical dynamics of regional biodiversity, especially lichen diversity, has many restrictions and problems. The first group of problems is of ‘technical’ type: the taxonomy is developing, some species are now circumscribed in a different way than before, some were described recently. In addition, old papers tend to contain mistakes (misidentifications). Such problems can be solved by critical revision of herbarium specimens. In case of Karelian Isthmus, herbarium collections are huge – only in its southern part more than 80 specialists collected lichens and, as a result, more than 800 specimens are deposited in herbaria (H, HFR, LE, LECB, TU, TUR, S, UPS). This gave us an opportunity to check most of the literature records (in course of joint work with Dmitry Himelbrant, Ekaterina Kuznetsova and Teuvo Ahti). More fundamental problem is inequality of knowledge nowadays and in previous historical periods. We can say after

the revision of herbaria what species definitely were present in this region a hundred years ago, but we never can say which were absent. Therefore, almost any mathematical (arithmetical) analysis of distribution dynamics is hopeless; the specialist should take in account the ecology of species and be very careful analyzing even the loss of local populations, and especially their increase, and each species should be analyzed individually.

As a result of our research, we suppose that 31 species (of 38 that were collected in SIk before 1991 only) are extinct from the study area, mostly these are species restricted to old-growth forests or sensitive to air pollution and trampling; for 22 species decrease of amount of localities is recorded; 17 species more lost their local populations near the city. Altogether negative dynamics is reported for ca. 13 % of studied lichen biota. On the other hand, artificial substrates and habitats shelter several species, especially those that naturally inhabit calcareous rocks (such rocks are absent in SIk). During last 100 years a significant part of natural habitats in the study area were destroyed or transformed. Anyway, some are still preserved and should be protected.

Апробация и оптимизация методов выделения ДНК из спор грибов рода *Tilletia*

Уварова Д.А., Сурина Т.А., Копина М.Б., Мазурин Е.С.
Всероссийский центр карантина растений, пос. Быково, Московская область, Россия
darya.uvarova.93@mail.ru

Пшеница занимает первое место в мире среди других сельскохозяйственных культур и возделывается на площади почти 215 млн га, из них в России – 27,7 млн га (FAOSTAT, 2016). К наиболее опасным возбудителям болезней пшеницы относятся грибы рода *Tilletia* Tul. & C. Tul. Их вредоносность заключается в снижении всхожести зерна, ухудшении его качества, а также сокращении урожайности.

В настоящее время диагностика грибов рода *Tilletia* осуществляется в основном классическими методами: методом микроскопирования и морфометрии. При этом некоторые виды рода, имеют сходные морфологические характеристики, что затрудняет их диагностику. Например, *Tilletia caries* (DC.) Tul. & C. Tul. и *T. controversa* J.G. Kühn имеют сходную шаровидную форму телиоспор с хорошо выраженной сетчатостью. Поэтому, разработка достоверных и специфичных методов диагностики является актуальной задачей.

На базе ФГБУ «ВНИИКР» проводится работа по оптимизации методов выделения ДНК из спор головневых грибов *Tilletia* spp. Было протестировано два коммерческих набора компании ЗАО «Синтол» (наборы «ФитоСорб» и «ДНК-Экстран-2») и методика выделения по Doyle & Doyle (1990). В работе использовали образцы сорусов разных видов *Tilletia* spp из коллекции ФГБУ «ВНИИКР».

С образцами полученной ДНК проводили постановку классической ПЦР со специфичными праймерами MK56 (5′-GTA GGT GAA CCT GCG GAA GGA TCA TT-3′) и Tilletia-R (5′-CAA GAG ATC CGT TGT CAA AAG TTG-3′) (Diagnostic Standard PM 7/29 (3) *Tilletia indica,* unpubl.). При внесении образцов ДНК, выделенных наборами «ДНК-Экстран-2», были получены продукты размером 270 п. о., что соответствовало амплификации целевого продукта. Внесение ДНК, выделенной набором «ФитоСорб», не привело к образованию продуктов амплификации. Таким образом, применение набора «ДНК-Экстран-2» позволяет получать образцы ДНК приемлемого качества.

The approbation and optimization of the DNA extraction methods from the spores of fungi from genus *Tilletia*

Uvarova D.A., Surina T.A., Kopina M.B., Mazurin E.S.
All-Russian Plant Quarantine Center, Bykovo, Moscow region, Russia

Wheat occupies the first place in the world among other agricultural crops and is cultivated in the area of almost 215 million hectares, of which 27.7 million hectares are in Russia (FAOSTAT, 2016). The most dangerous pathogens of wheat are fungi of *Tilletia* genus. Their reduce grain germination capacity and grain quality, and also decrease the crop productivity.

Currently the diagnosis of genus *Tilletia* is carried out mainly by conventional methods: the microscopy and morphometry methods. At the same time, some species have similar morphological characteristics, which complicates their diagnosis. For example, *Tilletia caries* and *Tilletia controversa* have a similar spherical teliospore form with a well-expressed reticulation. Therefore, the development of reliable and specific diagnostic methods is an urgent task.

The work on optimization of DNA extraction methods from the smut fungi spores of *Tilletia* spp. was carried out in FGBU "VNIIKR". Two commercial kits of JSC "Sintol" ("FitoSorb" and "DNA-Extran-2" sets) were tested as well as the extraction method by Doyle & Doyle (1990). The sorus samples of different species of *Tilletia* spp have been used in the work from the FGBU "VNIIKR"'s collection.

PCR was done with the obtained DNA samples with specific primers mk56 (5′-GTA GGT GAA CCT GCG GAA GGA TCA TT-3′) and Tilletia-R (5′-CAA GAG ATC CGT TGT CAA AAG TTG-3′) (Diagnostic Standard PM 7/29 (3) *Tilletia indica,* unpubl.). Using DNA samples extracted with the "DNA-Extran-2" kit, products 270 bp in length were obtained, which corresponded to the amplification of the target product. The target sequence could not be amplified for DNA samples extracted using the Doyle & Doyle method and the “FitoSorb” kit. Thus, the "DNA-Extran-2" kit allows to extract the DNA samples of acceptable quality level.

Новые для Вьетнама и примечательные виды болетовых грибов (Boletaceae, Agaricomycetes) Центрального нагорья Тэйнгуен

Фам Тхи Ха Жанг
Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия
giangvietnga@gmail.com

Тэйнгуен (Tay Nguyen) занимает большую территорию в центральной части Вьетнама, где сохранились большие массивы горных и предгорных лесов. К настоящему времени на Центральном нагорье зарегистрировано 493 вида базидиальных макромицетов, из которых 55 относятся к семейству *Boletaceae* (*Boletales, Agaricomycetes*). Именно в лесах Юго-Восточной Азии находится центр разнообразия этой группы грибов. Активизация исследований в этом регионе в последние годы и все более интенсивное использование в них молекулярно-генетических методов привели к серьезным изменениям в систематике болетовых грибов и к необходимости пересмотра состава выявленных ранее видов. Наши исследования были начаты в 2012 году. Сейчас коллекция насчитывает более 350 образцов. Собранные образцы изучаются с применением световой и электронной микроскопии, а также путем анализа последовательностей ДНК (ITS и TEF1a участков). На данный момент подтверждено нахождение 12 видов: *Aureoboletus longicollis, A. thibetanus, Austroboletus dictyotus, A. fusisporus, A. mucosus, Crocinoboletus rufoaureus, Hemileccinum indecorum, Pseudoaustroboletus valens, Strobilomyces latirimosus, S. mirandus, S. seminudus, Sutorius eximius*.

Впервые для Вьетнама было отмечено 10 видов: *Aureoboletus auriflammeus, Boletellus aureocontextus, B. areolatus, Chiua viridula, Heimioporus japonicus, Lanmaoa asiatica, Pulveroboletus brunneoscabrosus, P. fragrans, Sutorius obscureumbrinus, Zangia roseola*.

Наибольшее разнообразие болетовых грибов наблюдалось в национальных парках Бидуп-Нуй Ба и Чуянгсин в горных и предгорных полидоминантных тропических лесах с участием представителей семейств Magnoliaceae, Myrtaceae, Theaceae, Lauraceae, Fagaceae, Annonaceae в апреле–мае.

New for Vietnam and noteworthy Boletoid fungi (Boletaceae, Agaricomycetes) of the Central Highlands Tay Nguyen

Pham Thi Ha Giang
Saint-Petersburg State Forest Technical University, Saint Petersburg, Russia

Tay Nguyen occupies a large territory in the central part of Vietnam, where large arrays of mountain and foothill forests have been preserved. By now, 493 species of basidial macromycetes have been recorded in the Central Highlands, of which 55 belong to the family Boletaceae (Boletales, Agaricomycetes). It is in the forests of South-East Asia that the center of diversity of this group of mushrooms is located. The intensification of research in this region in recent years and the increasingly intensive use of molecular genetic methods have led to serious changes in the taxonomy of boletoid fungi and the need to revise the composition of previously identified species. Our research was started in 2012. Now the collection contains more than 350 specimens. The collected specimens are studied using light and electron microscopy, as well as the analysis of DNA sequences (ITS and TEF1a sites). At the moment, there are 12 species confirmed: *Aureoboletus longicollis, A. thibetanus, Austroboletus dictyotus, A. fusisporus, A. mucosus, Crocinoboletus rufoaureus, Hemileccinum indecorum, Pseudoaustroboletus valens, Strobilomyces latirimosus, S. mirandus, S. seminudus, Sutorius eximius*.

Aureoboletus auriflammeus, Boletellus aureocontextus, B. areolatus, Chiua viridula, Heimioporus japonicus, Lanmaoa asiatica, Pulveroboletus brunneoscabrosus, P. fragrans, Sutorius obscureumbrinus, and *Zangia roseola* were reported for Vietnam for the first time.

The greatest diversity of boletoid fungi in Vietnam was observed in the national parks Bidup–Nui Ba and Chư Yang Sin in mountain and foothill polydominant tropical forests with the participation of representatives of families Magnoliaceae, Myrtaceae, Theaceae, Lauraceae, Fagaceae, Annonaceae in April–May.

Виды рода *Trichoglossum* (Geoglossaceae, Ascomycota) с восьмиклеточными спорами: новое или хорошо забытое старое?

Федосова А.Г.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
anna.fedosova@gmail.com

Род *Trichoglossum* Boud. распространен по всему миру и насчитывает 21 вид (www.indexfungorum.org). Род был описан Boudier (1885) благодаря наличию щетинок, покрывающих поверхность аскокарпов. Одним из диагностически важных признаков является число перегородок в спорах. По этому признаку таксоны рода *Trichoglossum* можно объединить в 5 групп. Группа таксонов с восьмиклеточными спорами одна из самых крупных и включает 8 из 46 таксонов *Trichoglossum*: *T. confusum* E.J. Durand, *T. hirsutum* var. *doassansii* Pat., *T. kunmingense* F.L. Tai, *T. octopartitum* Mains, *T. peruvianum* E.K. Cash, *T. rehmianum* (Henn.) E.J. Durand, *T. walteri* (Berk.) E.J. Durand, *T. walteri* var. *helveticum* Imbach. Кроме того, вид *Geoglossum tuberaoense* Henn., который никогда не относился к роду *Trichoglossum*, также можно включить в эту группу, поскольку он имеет все необходимые

признаки согласно протологу.

В ходе работы были изучены 40 образцов данной группы, в том числе типовые образцы *T. confusum*, *T. hirsutum* var. *doassansii*, *T. octopartitum*, *T. walteri*, *T. walteri* var. *helveticum*. При этом типовые образцы *T. rehmianum* и *G. tuberaoense*, вероятно, являются утерянными. Двадцать один образец был включен в филогенетический анализ ITS1–5.8S–ITS2 участка методами максимального правдоподобия и методом Байеса.

По предварительным результатам филогенетического анализа группа таксонов с восьмиклеточными спорами распадается от 5 до 8 клад, при этом некоторые образцы попадают в одни клады с образцами, имеющими 8–15 перегородок. Соответствуют ли выявленные клады уже описанным таксонам или представляют собой новые, еще предстоит выяснить. Помимо характеристик спор важными признаками оказались характеристики щетинок, апикальных клеток парафиз и поверхности ножки. Типовой материал пока не удалось включить в филогенетический анализ, но по первым данным морфологического анализа *T. hirsutum* var. *doassansii* и *T. walteri* var. *helveticum* представляют собой один вид.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 16-34-00510 мол_а.

Species of the genus *Trichoglossum* (*Geoglossaceace, Ascomycota*) with 7-septate spores: new or well-overlooked old?

Fedosova A.G.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

Trichoglossum Boud. is a worldwide distributed genus and includes 21 species (www.indexfungorum.org). The genus was described by Boudier (1885) due to setae covering ascocarps. One of the diagnostically important characters is number of septa in spores. Based on this character, taxa of *Trichoglossum* could be aggregated into 5 groups. Group of the taxa with 7-septate spores is one of the largest and includes 8 of 46 taxa of *Trichoglossum*: *T. confusum* E.J. Durand, *T. hirsutum* var. *doassansii* Pat., *T. kunmingense* F.L. Tai, *T. octopartitum* Mains, *T. peruvianum* E.K. Cash, *T. rehmianum* (Henn.) E.J. Durand, *T. walteri* (Berk.) E.J. Durand, *T. walteri* var. *helveticum* Imbach. Moreover, *Geoglossum tuberaoense* Henn. according to the information in the protologue also could be included into this group although it has never been formally transferred to *Trichoglossum*.

Forty specimens of this group including type specimens of *T. confusum*, *T. hirsutum* var. *doassansii*, *T. octopartitum*, *T. walteri*, *T. walteri* var. *helveticum* were studied. Type specimens of *T. rehmianum* and *G. tuberaoense* are probably lost. Phylogenetic reconstruction of ITS1–5.8S–ITS2 region was performed with maximum likelihood and Bayesian analyses and included 21 specimen.

Preliminary results of phylogenetic analysis showed that group of the taxa with 7-septate spores forms 5 to 8 clades while some of the specimens group with specimens with 8–15-septated spores. Whether the obtained clades fit to the already described taxa or represent new ones, it remains to be revealed. Characters of setae, apical cells of paraphyses and stipe surface as well as characters of spores turned out to be important features. Our attempts to include type material in phylogenetic analysis failed but according the first morphological data *T. hirsutum* var. *doassansii* and *T. walteri* var. *helveticum* are the same species.

The research was supported by the Russian Foundation for Basic Research (project 16-34-00510 mol_a).

Наблюдения за макромицетами в лесных и болотных экосистемах средней тайги Западной Сибири методом пробных площадей

Филиппова Н.В.
Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск, Россия
filippova.courlee.nina@gmail.com

Изучение состава и структуры сообществ макромицетов из-за периодичности появления плодовых тел предполагает долговременные наблюдения на постоянных площадках. Наблюдения на площадках позволяют также получить данные о количественной и пространственной структуре сообществ, и динамике плодоношения. Последнее важно для оценки запаса ресурсных видов, а также для моделирования возможной реакции сапротрофного комплекса на климатические изменения.

На базе стационаров Мухрино и Шапша Югорского государственного университета (Ханты-Мансийск) в 2014 и 2015 гг. начаты долговременные наблюдения за динамикой плодоношения макромицетов на площадках, заложенных в разных типах экосистем. На верховых болотах площадки заложены в двух типах местообитаний: сосново-кустарничковых и обводненных сфагновых топей. Другая серия площадок в таежных лесах охватывает разные стадии восстановления после рубки и стадии заболачивания. Учет на площадках проводится по стандартной методике, рекомендуемой для количественных учетов макромицетов в издании Biodiversity of Fungi … (Mueller *et al*., 2004) и адаптированной с учетом региональных особенностей и временных рамок.

В результате учетов на площадках в течение 4 лет получены данные о внутри- и межгодовой динамике урожайности (кол-во карпофоров), видового богатства (кол-во видов) и обилия (кол-во индивидов) макромицетов. Показаны различия этих параметров для разных экологических групп (сапротрофы и микоризообразователи) и разных типов местообитаний. Впервые для территории получены количественные оценки урожайности макромицетов для разных типов местообитаний. Например, максимальная урожайность за период наблюдения достигала в старовозрастных хвойных лесах – около 6000 карпофоров / 1000 м^2, во вторичных осиновых лесах

4000, на свежей вырубке 6000, в заболоченном лесу 3000, на верховом болоте в ряме 1000, в сфагновой топи около 1500 карпофоров на 1000 м^2.

Plot-based observations of macrofungi in forest and peatland ecosystems in middle taiga of Western Siberia

Filippova N.V.
Yugra State University, Khanty-Mansiysk, Russia

The study of communities of macrofungi largely depends on long-term plot observations due to periodicity of fungal fruiting. Plot-based studies also allow estimation of quantitative parameters and fruiting dynamics. The latter is important for resource assessment of commercially harvested species and for modeling of possible shifts in saprotrophic community due to climate change.

Two field stations of Yugra State University were engaged in plot-based monitoring of macromycetes near the Khanty-Mansiysk town (middle taiga zone of West Siberia). The plots were established in two major ecosystem types: dark taiga forests and peatlands. A series of plots located in the peatland includes forestated sphagnum bogs as well as waterlogged sphagnum lawns. Another series of plots located in the forest encompasses different stages of after-cut succession of dark taiga forest and different stages of paludification. The sampling protocol of the study follows once recommended in the Biodiversity of Fungi … (Mueller *et al*., 2004) with adaptation for regional features and our time frames.

As a result of four years of study different parameters of intra- and inter-annual fruiting dynamics were described, namely species abundance (N species / area), individual abundance (N individuals / area), and density (N sporocarps / area). These parameters differ between different ecological groups of fungi and vegetation types. The quantitative characteristics of sporocarp density (an important parameter for resource assessment) were described for the first time in our region. For example, the maximum sporocarp density for the whole period of observations reached in the coniferous forests – about 6000 sporocarps / 1000 m^2, in the secondary aspen forests – 4000, in the recently logged site – 6000, in the paludified forest – 3000, in the raised forestated bog – 1000 and in the sphagnum lawns about 1500 sporocarps / 1000m^2.

Характеристика популяций *Puccinia triticina* на твердой пшенице

Шайдаюк Е.Л., Яковлева Д.Р.
Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Пушкин, Санкт-Петербург, Россия
eshaydayuk@bk.ru

Твердая пшеница (*Triticum durum* Desf.) выращивается в России на Северном Кавказе, в Поволжье и Западной Сибири. Бурая ржавчина (возбудитель *Puccinia triticina* Erikss.) – широко распространенное заболевание данной культуры. Оно встречается во всех регионах выращивания *T. durum*. До настоящего времени популяционные исследования *P. triticina* на твердой пшенице в России не проводились. Целью работы являлся анализ вирулентности популяций *P. triticna* на твердой пшенице в России. Листья с урединиопустулами были собраны с твердой пшеницы в Дагестане (ДОС ВИР), Краснодарском крае, Самарской области и Алтайском крае в 2017 г. Популяции были клонированы для получения монопустульных изолятов. Всего изучено 114 изолятов, в том числе 76 дагестанских, 7 краснодарских, 26 самарских, 5 алтайских. Анализ вирулентности проводили с использованием 20 линий Thatcher (Tc*Lr*). Все изученные изоляты были авирулентны к линиям с генами *Lr2a, Lr2b, Lr2c, Lr9, Lr11, Lr15, Lr19, Lr24* и вирулентны к *Lr1, Lr3a, Lr3bg, Lr3ka, Lr14a. Lr14b, Lr18, Lr30*. Варьирование в частотах вирулентности отмечено на линиях Tc*Lr16,* Tc*Lr17* и Tc*Lr20.* Вирулентность к линиям Tc*Lr20* и Tc*Lr26* варьировала в пределах одной популяции (вероятно, в зависимости от используемых в качестве инфекционного материала сортов пшеницы) и между популяциями. Все дербентские изоляты были авирулентны к линии Tc*Lr17*, а саратовские и алтайские к Tc*Lr16*; краснодарские изоляты были авирулентны к обеим линиям. В результате проведенных исследований выявлены различия по вирулентности между изученными географическими популяциями *P. triticina* с твердой пшеницы в 2017 г. Данные исследования следует расценивать как предварительные и требуют дополнения с включением большего числа инфекционных образцов, их географического происхождения и временного интервала.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда (проект №14-26-00067).

Characteristics of *Puccinia triticina* populations on durum wheat

Shaidayuk E.L., Yakovleva D.R.
All-Russian Institute of Plant Protection, Pushkin, Saint Petersburg, Russia

Durum wheat (*Triticum durum* L.) is grown in Russia in the North Caucasus, the Volga region and Western Siberia. Leaf rust (causative agent *Puccinia triticina* Erikss.) is a widespread disease of this culture. It occurs in all regions of *T. durum* cultivation. Until now population studies of *P. triticina* on durum wheat in Russia have not been conducted. The aim of the study was to analyze the virulence of *P. triticna* populations on durum wheat in Russia. Leaves with uredinias were collected from durum wheat in Dagestan (Dagestan Experimental station of VIR), in Krasnodar, Samara and Altai regions in 2017. Populations were cloned to obtain monopustule isolates. 114 isolates were studied, including 76 from Dagestan, 7 from Krasnodar, 26 from Samara, 5 from Altai. 20 Thatcher lines (TcLr) were used for virulence analysis. All

studied isolates were avirulent to the lines with the genes *Lr2a, Lr2b, Lr2c, Lr9, Lr11, Lr15, Lr19* and *Lr24* and virulent to *Lr1, Lr3a, Lr3bg, Lr3ka, Lr14a. Lr14b, Lr18* and *Lr30*. Variation in virulence frequencies was observed on TcLr16, TcLr17 and TcLr20. The virulence to the TcLr20 varied within a single population (it probably depended from wheat varieties were used as an infection sources) and also between populations. All Derbent isolates were avirulent to the TcLr17; Samara and Altai isolates to TcLr16. Krasnodar isolates were avirulent to both lines. During this study, differences in virulence between the studied geographical populations of *P. triticina* from durum wheat in 2017 were revealed. These study should be regarded as preliminary and its prolongation will be necessary using more representative infection strains of different geographic origin and bigger time span.

This study was supported by Russian Scientific Foundation (RSF) (project №14-26-00067).

Биологическое разнообразие лишайников усадебных парков–памятников природы республиканского значения Могилевской области

Яцына А.П.
Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси, Минск, Беларусь
lihenologs84@mail.ru

Усадебные парки представляет собой рефугиум биологического разнообразия лишайников Беларуси. В результате постепенного исчезновения старовозрастных лиственных лесов, усадебные парки выступают последним прибежищем в сохранении редких видов лишайников в республике. Не смотря на то, что усадебных парков и их фрагментов на территории Могилевской области около 80, некоторые из них являются памятниками природы республиканского значения. К таким объектам относятся 3 усадебных парка: д. Грудиновка, Быховский р-н; г. Горки, Горецкий р-н; д. Жиличи, Кировский район.

Изучения видового разнообразия лишайников и близкородственных им организмов (нелихенизированные и лихенофильные грибы) в усадебных парках проводили по общепринятым методикам, летом и осенью 2017 г., виды собраны со всех представленных в парках субстратах.

На территории 3-х парков отмечено 99 видов лишайников и близкородственных грибов. Наибольшее число видов отмечено в парке «Жиличи» – 71 вид, «Грудиновке» – 66, а в парке «Горки» – 47. Общими для 3-х парков оказались 37 видов лишайников. Большинство видов встречаются на коре 14 аборигенных пород деревьев – 77 видов, на коре липы сердцевидной отмечено 38 видов лишайников, на 22 древесных интродуцентах – 28 видов, на древесине – 19, на бетоне, кирпичах и шифере– 14, на талломе лишайника – *Xanthoriicola physciae* (Kalchbr.) D. Hawksw.

К редким видам лишайников лиственных лесов республики, отмеченных нами в усадебных парках Могилевской области можно отнести: *Anisomeridium polypori* (Ellis & Everh.) M.E. Barr, *Bacidia arnoldiana* Körb., *B. egenula* (Nyl.) Arnold и *Chaenotheca cinerea* (Pers.) Tibell. В парке «Жиличи» на коре тополя белого впервые для территории Беларуси найден лишайник – *Gallowayella weberi* (S.Y. Kondr. & Kärnefelt) S.Y. Kondr., et al.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта БРФФИ (№Б17РМ-019).

Biological diversity of lichens of nationally protected manor parks in Mogilev region

Yatsyna A.P.
V.F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

Manor parks are refugia of the biological diversity of lichens in Belarus. As a result of the gradual disappearance of old-growth deciduous forests, manor parks are the last refugia in the conservation of rare lichen species in the republic. Despite the fact that there are about 80 manor parks and their fragments in the Mogilev region, some of them are protected as monuments of nature of national importance. These objects include 3 manor parks: Grudinovka village, Bykhov district; Gorki, Goretsky district; Zilichi village, the Kirov district.

Studies of the species diversity of lichens and closely related organisms (non-lichenized fungi) in manor parks were carried out according to generally accepted methods in summer and autumn of 2017. Species were collected from all substrates represented in the parks.

On the territory of 3 parks 99 species of lichens and closely related fungi were recorded. The largest number of species was recorded in the park «Zilichi» – 71 species, «Grudinovka» – 66, and in the park «Gorki» – 47. Common for 3 parks were 37 species of lichens. Most of the species were found on a bark of 14 native species of trees – 77 species, on a bark of *Tilia cordata* Mill. 38 species of lichens were found, and on 22 species of introducers 28 species of lichens were found. Besides that, 19 species were found on wood, 14 species – on concrete, bricks and slate, on the thallus of the lichen one species was noted – *Xanthoriicola physciae* (Kalchbr.) D. Hawksw.

The rare species of lichen deciduous forests of the republic which we have recorded in the manor parks of Mogilev region include: *Anisomeridium polypori* (Ellis & Everh.) M.E. Barr, *Bacidia arnoldiana* Körb., *B. egenula* (Nyl.) Arnold and *Chaenotheca cinerea* (Pers.) Tibell. In the park «Zilichi» on the bark of a *Populus alba* L. a lichen *Gallowayella weberi* (S.Y. Kondr. & Kärnefelt) S.Y. Kondr., et al. was found for the first time for the territory of Belarus.

This work was supported by the BRFFR grant (No.B17RM-019).

ПАЛЕОБОТАНИКА

***Nilssonia serotina* Heer (Cycadales) в мелу и палеоцене Северной Пацифики**

Гниловская А.А.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
agnilovskaya@gmail.com

Для цикадового *Nilssonia serotina* Heer характерны обратноланцетные, неравномерно сегментированные листья. Данный вид был описан из сантон-кампанских отложений арковской свиты, о. Сахалин (Heer, 1878). Позднее листья *N. serotina* были найдены в верхнемеловых и палеоценовых отложениях России, Японии и США (Endo, 1925; Hollick, 1930; Красилов, 1979; Головнева, 1994).

Древнейшие находки *N. serotina* происходят из отложений Северной Аляски (Герман, 2011). Они были обнаружены в слоях Нижний Киллик, средне-альба-сеноманского возраста, и в нижне(?)-верхнеальбских отложениях свиты Корвин.

На территории Северо-Востока России наиболее древние остатки *N. serotina* были найдены в верхнеальб-нижнетуронских отложениях криворечeнской свиты (Филиппова, Абрамова, 1993) и в сеноманских отложениях средней части гинтеровской свиты (Моисеева, Соколова, 2011). Более молодые находки листьев данного вида происходят из турон-коньякских отложений арманской свиты, Северо-Восток России (Herman *et al*., 2016), сантонских отложений формации Comox, о. Ванкувер (Bell, 1957), коньяк-кампанских отложений арковской и жонкьерской свит Сахалина (Красилов, 1979) и из сантон-нижнекампанских отложений формации Чигник на Аляске (Hollick, 1930).

Наиболее широкое распространение *N. serotina* имела в маастрихте. В это время листья *N. serotina* известны из отложений каканаутской свиты и нижней подсвиты рарыткинской свиты, Корякское нагорье (Головнева, 1994), а также из формаций Edmonton и Brazeau в Западной Канаде (Bell, 1949) и формаций Fox Hills и Hell Creek в Северной Дакоте (Peppe *et al*., 2007).

Наиболее поздние находки *N. serotina* происходят из маастрихт-датских отложений танюрерской свиты бассейна р. Анадырь (Головнева, Грабовский, 2015), и датских отложений бошняковской свиты (Красилов, 1979).

Таким образом, *N. serotina* существовала с альба до палеоцена. Этот вид является единственным представителем рода, которому удалось пересечь мел-палеогеновую границу. Область географического распространения данного вида охватывает территорию Сахалина, Северо-Востока России, Западной Канады, Аляски и Северной Дакоты. *N. serotina* была связана, в основном, с приморскими районами Северной Пацифики. сокращения Западного внутреннего пролива, эпиконтинентального моря, разделявшего.

Исследование проведено при поддержке РФФИ (грант № 18-34-00592 мол_а).

***Nilssonia serotina* Heer (Cycadales) in the Cretaceous and Paleocene of the Northern Pacific Region**

Gnilovskaya A.A.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

Nilssonia serotina is characterized by oblanceolate lamina subdivided into non-uniform segments. This species was described from the Santonian-Campanian deposits of the Arkovo Formation, Sakhalin (Heer, 1878). Later leaves of *N. serotina* were found in the Upper Cretaceous and the Paleocene deposits of Russia, Japan and the USA (Endo, 1925; Hollick, 1930; Krassilov, 1979; Golovneva, 1994).

The earliest records of *N. serotina* come from deposits of Northern Alaska (Herman, 2011). They were found in the lower(?)-upper Albian Corwin Formation and in the lower part of the Killik Tongue, which age was established as the middle Albian-Cenomanian.

In Northeastern Russia first *N. serotina* remains were found in the upper Albian-lower Turonian deposits of the Krivorechenskaya Formation (Filippova, Abramova, 1993), and in the Cenomanian deposits of the middle part of the Ginter Formation (Moiseeva, Sokolova, 2011).

Leaves of this species were also recorded in the Turonian-Coniacian deposits of the Arman Formation, the Arman River Basin (Herman *et al*., 2016), the Santonian Comox Formation, Vancouver (Bell, 1957), the Coniacian-Campanian Arkovo Formation, Sakhalin (Krassilov, 1979) and in the Santonian-early Campanian Chignik Formation, Alaska (Hollick, 1930).

N. serotina was most widely distributed it the Maastrichtian. *N. serotina* was found in the deposits of The Kakanaut Formation and in the lower part of the Rarytkin Formation, Koryak Upland (Golovneva, 1994), Edmonton and Brazeau Formations, Western Canada (Bell, 1949), Fox Hills and Hell Creek, Northern Dakota (Peppe *et al*., 2007).

The latest records of *N. serotina* come from the Maastrihtian-Danian deposits of the Tanyurer Formation, the Anadyr River Basin (Golovneva, Grabovski, 2015) and the Danian deposits of the Boshnyaki Formation (Krassilov, 1979)

Thus, *N. serotina* was distributed from the Albian to the Paleocene. It is the only representative of the genus *Nilssonia* Brongniart that crosses the K-T boundary. This species was distributed on the Sakhalin, in Northeastern Russia, Western Canada, Alaska and North Dakota. *N. serotina* was mainly related to coastal areas of the Northern Pacific region in terms of its distribution.

This study was supported by the Russian Foundation for Basic Research (project 18-34-00592 mol_a).

Семейство Dicksoniaceae в меловых отложениях Северо-Востока России

Грабовский А.А.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
paleochukotka@gmail.com

Современное семейство Dicksoniaceae включено в порядок *Cyatheales.* В ископаемом состоянии, семейство Dicksoniaceae представлено родами *Coniopteris* Brongniart, *Kylikipteris* Harris, *Eboracia* Thomas, *Dicksonia* Lheritier, *Lophosoria* C.Presl, *Tchaunia* Samylina et Philippova и *Birisia* Samylina. Наиболее часто, ископаемые листья семейства *Dicksoniaceae* встречаются в среднеюрских и нижнемеловых отложениях Европы, Азии и Северной Америки. В меловых отложениях Северо-Востока России семейство Dicksoniaceae представлено родами *Birisia, Coniopteris* и *Tchaunia*.

Самая ранняя находка папоротника рода *Birisia* в меловых отложениях Северо-Востока России, происходит из аптских отложений силяпской свиты Зырянского угленосного бассейна и представлена видом *B. alata*. Остатки листьев этого вида известны также из ранне-среднеальбских отложений буор-кемюсской свиты Зырянского угленосного бассейна и из галимовской, айгурской и топтанской свит Балыгычан-Сугойского прогиба. Из турон-коньякских отложений валижгенской свиты Западной Камчатки род *Birisia* представлен видом *B. alata,* изначально описанным под названием *B. oerstedtii* (Heer) E.Lebedev. Самая поздняя находка, отмеченная для вида *B. alata,* происходит из коньякских отложений поперечненской и тыльпэгыргынайской свит хребта Пекульней. Из турон-коньякских отложений арманской свиты, известны многочисленные остатки стерильных и фертильных листьев *B. ochotica.* Этот вид также встречается в турон-коньякских отложениях ветвинской толщи бассейна р. Хохловчан, зоринской и парнинской свит междуречья Балыгычана и Сугоя, а также из коньякских отложений амкинской свиты бассейна р. Улья.

Самые ранние находки листьев, отмеченные для рода *Coniopteris* на Северо-Востоке России известны из неокома верхней части ожогинской свиты р. Силяп. Из отложений галимовской и буор-кемюсской свит отмечено несколько видов в составе этого рода. В позднем мелу, этот род менее разнообразен. Остатки листьев рода *Coniopteris* известны из турон-маастритских отложений и представлены 1–2 видами. Вид *Coniopteris tschuktschorum* (Kryshtofovich) Samylina характерный папоротник для позднемеловых флор Северо-Востока России. Остатки как фертильных, так и стерильных листьев этого вида, встречаются с турона по маастрихт и нередко создают чистые захоронения. Вид *C. opposita* Samylina является эндемиком для чинганджинской флоры и был отмечен только в одноименной свите турон-коньякского возраста.

На территории Северо-Востока России, род *Tchaunia* был отмечен только в турон-коньякских отложениях и представлен тремя видами: *T. tchaunensis* Samylina et Philippova, *T. lobifolia* Philippova и *T. filatovii* Samylina. Первые два виды известны по многочисленным остаткам листьев из коньякских отложений амгуэмской флоры Восточной Чукотки и чаунской флоры Центральной Чукотки. Вид *T. filatovii* известен только из турон-коньякских отложений зоринской свиты бассейна р. Колыма.

The family Dicksoniaceae in the Cretaceous sediments of the Northeast of Russia

Grabovskiy A.A.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

The modern family of Dicksoniaceae is included in the Cyatheales order. In a fossil state, the family Dicksoniaceae is represented by the genera: *Coniopteris* Brongniart, *Kylikipteris* Harris, *Eboracia* Thomas, *Dicksonia* Lheritier, *Lophosoria* C. Presl, *Tchaunia* Samylina and *Birisia* Philippova et Samylina. Most often, fossil leaves of the family *Dicksoniaceae* are found in the Middle Jurassic and Lower Cretaceous sediments of Europe, Asia and North America. In the Cretaceous sediments of the Northeast of Russia, the family Dicksoniaceae is represented by the genera *Birisia, Coniopteris* and *Tchaunia*.

The earliest find of the fern of the genus *Birisia* in the Cretaceous sediments of the Northeast of Russia originates from the Aptian deposits of the Silyap Formations of the Zyriansk coal-bearing basin and is represented by the species *B. alata* (Prynada) Samylina. The remains of the leaves of this species are also known from the Early Middle Albanian deposits of the Buor–Kemus Formations of the Zyryansk coal-bearing basin and from the Galimiy, Aigur and Toptan Formations of the Balygyn-Sugoy River Basin. From the Turonian-Coniacian deposits of the Valizhgen Formation of Northwestern Kamchatka, the genus *Birisia* is represented by the species *B. alata*, originally described under the name *B. oerstedtii* (Heer) E.Lebedev. The latest find, noted for the species *B. alata*, originates from the Coniacian sediments of the Poperechnaya and Tylpegyrgynai Formation of the Pekulney Ridge. From the Turonian- Coniacian deposits of the Arman Formation, numerous remains of sterile and fertile leaves *B. ochotica* are known.

The earliest finds of leaves noted for the genus *Coniopteris* in the northeast of Russia are known from the Neocomian of the upper part of the Ozhogin Formation of the Silyap River. Of the deposits of the Galimiy and Buor–Kemus Formations there are several species in this genus. In the Late Cretaceous, this genus is less diverse. The remains of the leaves of the genus *Coniopteris* are known from the Turonian-Maastrichtian deposits and are represented by 1-2 species. The species *Coniopteris tschuktschorum* (Kryshtofovich) Samylina is a characteristic fern for the Late Cretaceous floras of the Northeast of Russia. Remains of both fertile and sterile leaves of this species are found from the Turonian till Maastrichtian and often create clean burials. The species *C. opposita* Samylina is endemic to the Chingandzha flora and was noted only in the eponym of the Turonian- Coniacian age.

In the territory of the Northeast of Russia, the genus *Tchaunia* was noted only in the Turonian-Coniacian sediments and is represented by three species: *T. tchaunensis* Samylina et Philippova, *T. lobifolia* Philippova and *T. filatovii* Samylina. The first two species are known from numerous remains of leaves from the Coniacian deposits of the Amguema flora of Eastern Chukotka and the Chauna flora of Central Chukotka. The species *T. filatovii* is known only from the Turonian- Coniacian deposits of the Zarya Formation of the Kolyma River Basin.

Ботанический состав торфа арктической зоны Западной Сибири (Гыдан)

Кузнецова А.О.[1], Афонин А.С.[2], Тихонравова Я.В.[1], Слагода Е.А.[1,3]
[1] Институт криосферы Земли ТюмНЦ СО РАН, Тюмень, Россия;
[2] Институт проблем освоения Севера СО РАН, Тюмень, Россия;
[3] Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия
mouse13200@gmail.com

Динамика биотопов характеризует природные условия торфонакопления, в том числе отражает климатические и гидрологические условия. Растительный состав биотопов используют для реконструкции природной обстановки на участках торфонакопления.

В 2016 году в низовьях р. Гыда п-ва Гыдан, в осушенной озерной котловине и на ее высоком обрамлении на водоразделе были отобраны и изучены растительные остатки торфа. Ботанический состав определен с помощью атласов-определителей и собственной коллекции микропрепаратов современных растений севера.

Монолит торфа из осушенной озерной котловины мощностью 23 см был разделен на 6 образцов по видимым границам. Каждый слой идентифицируется как осоковый торф с различным количественным содержанием остатков других растений.

Монолит торфа на водоразделе мощностью 30 см, в сухом состоянии сократился до 24 см и был разделен по естественным границам на 5 слоев. Слои отличается по своему составу и смене растительных сообществ. В нижних слоях преобладают сфагновые мхи, в верхних слоях – осоки и пушицы.

Определен послойный возраст торфа на водоразделе от 6,5 до 3,5 тыс-л.н. и в озерной котловине от 3,5 до 0,8 т.л.н.

По растительным остаткам составлена реконструкция изменения локальных природных условий во время торфонакопления. Состав растений-торфообразователей и их содержание в изученных разрезах на водоразделе характеризует постепенное зарастание водоема и его осушение. Торф в низине отражает резкий переход к зарастанию осокой обмелевшего водоема и незначительные изменения увлажнения при его накоплении на осушенном дне озера.

Полученные выводы о динамике биотопов в пространстве и во времени указывают на мозаичность обстановки накопления голоценового торфа в арктической зоне на севере Гыдана.

Botanical composition of peat of the Arctic zone of Western Siberia (Gydan)

Kuznetsova A.O.[1], Afonin A.S.[2], Tihonravova Y.V.[1], Slagoda E.A.[1,3]
[1] Earth Cryosphere Institute of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tyumen, Russia;
[2] Institute of the Problems of Development of the North of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tyumen, Russia;
[3] Tyumen state University, Tyumen, Russia

The dynamics of biotopes characterizes and reflects the natural conditions of peat accumulation, including climatic and hydrological ones. The botanical composition of biotopes is used for the reconstruction of the natural conditions of peat accumulation.

In 2016 plant residues of peat in the lower reaches of the Gyda River of the Gydan Peninsula, in the drained lake basin and on the watershed were selected and studied. The botanical composition was determined by using atlases-guides and the collection of micropreparations of modern plants of the North.

The monolith of peat, 23 cm thick, from the drained lake basin, was divided into 6 samples along the visible boundaries. Each layer is identified as sedge peat with different quantitative content of the residues of other plants.

The monolith of peat, 30 cm thick, from the watershed was reduced to 24 cm in a dry state and divided into 5 layers by the natural boundaries. The layers differ in their composition and in the change in plant communities. In the lower layers sphagnum mosses dominate, in the upper layers - sedges and cotton grasses.

The age of the peat layers is determined on the watershed from 6.5 to 3.5 thousand years ago and in the lake trough from 3.5 to 0.8 thousand years ago.

Based on the plant residues, reconstruction of the changes in local natural conditions during peat accumulation was made. The composition of the peat-forming plants and their content in the sections of the watershed studied characterizes gradual overgrowing of the water and its draining. The peat from the lowland reflects a sharp transition to the overgrowth of the dried water basin by sedge and a slight change in moisture content as a result of peat accumulation on the dried bottom of the lake.

The conclusions obtained on the dynamics of biotopes in space and in time indicate the mosaic character of the conditions in which the accumulation of Holocene peat took place in the Arctic zone in the north of Gydan.

Изотопный состав углерода в листьях папоротников, как индикатор палеоклимата

Малышева В.К.
Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
victoria-96k@yandex.ru

Исследования изотопного состава углерода в ископаемых растениях в сравнении с современными чрезвычайно интересно, поскольку в процессе фотосинтеза происходит фракционирование изотопного состава углерода, и этот процесс зависит, прежде всего, от температуры среды, а также от таких параметров, как среднегодовое количество осадков, влажность и освещенность, что позволяет реконструировать палеоклиматические обстановки.

Ранее предполагалось, что фракционирование изотопов углерода в основном зависит от температуры окружающей среды, однако Дж. Кох пришел к выводу, что основой фракционирования изотопов углерода является среднегодовое количество осадков. По эмпирическим данным он вывел формулу расчета $\delta^{13}C$, которую я применила в данной работе.

Целью данного исследования является измерение изотопного состава углерода в Юрских растениях и измерение величины δ13C в современных папоротниках различных климатических зон и с помощью аналитических методов получение выводов о климате Юры в той области, где произрастали исследуемые папоротники.

Для получения результатов были проведены измерения изотопного состава углерода в 14 образцах современных папоротников и 2-х образцах ископаемых папоротников семейства Dicksoniaceae из Юрских отложений Иркутского бассейна и 1 образца Ginkgoales.

В результате сделан вывод, что на месте, где произрастали исследуемые папоротники, количество осадков было порядка 900–1200 мм, что говорит об умеренном климатическом поясе. Для корректной интерпретации результатов была сделана поправка в -4‰, полученная путем сравнения значений, полученных при измерении современных папоротников, с линиями зависимости δ13C на разных широтах при равном количестве осадков. В ряде современных образцов наблюдается аномально низкие значения δ13C. Такое возможно в болотах, поскольку в них метан, как продукт жизнедеятельности бактерий, который частично окисляется до углекислого газа.

Isotopic composition of carbon in fern leaves, as an indicator of paleoclimate

Malysheva V.K.
St. Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

Studies of 13C in fossil plants are extremely interesting, since the fractionation of carbon isotope composition occurs in the process of photosynthesis, and this process depends on parameters such as average annual precipitation, humidity and illumination, which allows reconstructing paleoclimatic conditions.

Previously it was assumed that the fractionation of 13C mainly depends on the ambient temperature, however, Matthew J. Kohn concluded that the basis of 13C fractionation is the average annual precipitation (MAP) and latitude and is practically independent of the ambient temperature. According to empirical data, he derived the formula for calculating 13C, which was used in this paper.

The purpose of this study is to measure the isotope composition of 13C in Jurassic plants, measure 13C in modern ferns of different climatic zones, and use analytical methods to derive conclusions about the climate of Jurassic period in the area where the investigated ferns grew.

To obtain the results, measurements of the carbon isotope composition were made for the fourteen samples of modern ferns and two samples of fossil ferns of the Dicksoniaceae family from the Jurassic deposits of the Irkutsk coal basin and 1 Ginkgoales sample.

As a result, it was concluded that at the site where the investigated ferns grew, the amount of precipitation was 900–1200 mm, which indicates a moderate climatic zone. For a correct interpretation of the results, a correction of -4 ‰ was made by comparing the values obtained for the measurement of modern ferns with the 13C curves at different latitudes with the equal amount of precipitation. Anomalously low values of 13C can be registered in the samples which were collected in swamps due to the bacterial oxidation processes of methane into CO_2.

Морфология и систематическое положение пермского хвощевидного *Annulina neuburgiana* (Radczenko) Neuburg

Могильникова И.С.
Московский государственный педагогический университет, Москва, Россия
gelasma@mail.ru

Род *Annulina* Neuburg – род хвощевидных, характерный для пермских отложений Приуралья и Сибири, относившихся в позднем палеозое к Ангариде. *A. neuburgiana* (Radczenko) Neuburg – типовой вид этого рода. Изначально был отнесен к роду *Annularia* Brongniart, позже по развитым листовым влагалищам был выделен новый род *Annulina* Neuburg, морфологически более близкий роду *Phyllotheca* Brongniart. Анализ нового материала пермских отложений Печорского Приуралья позволил дополнить морфологические характеристики и таксономическое положение вида. Обнаруженная в ассоциативной связи с облиственными стеблями фертильная

зона с пельтатными спорангиофорами, сходными с родом *Tchernovia* Zalessky (=*Tschernovia* Zalessky), с высокой степенью вероятности принадлежавшая *Annulina neuburgiana*, подтверждает отнесение рода *Annulina* к семейству Tchernoviaceae (=Tschernoviaceae).

Стебли растения разделены на узлы и междоузлия, несут отчетливые продольные ребра. Длина междоузлий 0,5–2,5 см. Ширина стебля до 0,6 см, постепенно уменьшается к апикальной части стебля. Узлы отчетливые. Листья длинные, узкие, ланцетовидные с единственной хорошо выраженной жилкой вдоль средней части листа. Основания листьев срастаются краями в хорошо выраженное листовое влагалище. Большая часть листьев имеет поперечные складки, вероятно, соответствующие расположению гиподермальных тканей листа.

Репродуктивный орган, вероятно принадлежащий этому же виду материнских растений, – фертильная зона, расположенная на стебле, покрытом продольными складками и ребрами. Стебель сходен со стеблями *Annulina neuburgiana*. Ширина стебля около 0,3 см. Фертильная зона округлая, состоит из многочисленных маленьких пельтатных спорангиофоров, каждый из которых имеет полигональный щиток с небольшой центральной впадиной, расположенной на щитке над местом соединения ножки и щитка спорангиофора. К адаксиальной поверхности щитка прикреплялись спорангии. Общее количество спорангиофоров на одной фертильной зоне, скорее всего, составляет около 60.

Morphology and systematic position of the Palaeozoic equisetophytes of Angaraland *Annulina neuburgiana* (Radczenko) Neuburg

Mogilnikova I.S.
Moscow State Pedagogical University, Moscow, Russia

One of the well-distinguished species of the Permian Angaran equisetophytes is *Annulina neuburgiana* (Radczenko) Neuburg. This plant was initially attributed to the genus *Annularia* Brongniart, later it was clearly shown that it has well-developed leaf sheaths, and because of these morphological peculiarities it should be segregated into a new genus *Annulina* Neuburg, morphologically close to some representatives of the genus *Phyllotheca* Brongniart. A new material originating from the Permian deposits of the Pechora Cis-Urals allows us to clarify the morphological characteristics of the type species of this genus and to make some conclusions on its taxonomical position. A fertile zone with the *Tchernovia*–like peltate sporangiophores found in close association with the *Annulina neuburgiana* leafy stems supports the attribution of the genus *Annulina* to the family Tchernoviaceae (=Tschernoviaceae).

The leafy shoots consist of the stems dissected into nodes and internodes. The length of the internodes is 0.5–2.5 cm. The width of the stem is 0.6 cm. The surface of the stem is covered by fine prolonged ribs. The nodes are distinct. The leaves are long, linear to narrow-lanceolate, with a single well-developed vein. The leaf bases are connected by their margins and form a well-shaped leaf sheath. Most of the leaves demonstrate fine cross striation orientated across the vein and probably reflecting the hypodermal tissues of the leaves.

The reproductive organ is a fertile zone located on the long stem covered by prolonged folds and ribs. The stem is very similar to those of *Annulina neuburgiana*. The fertile zone is ovoid in shape and consists of numerous small peltate sporangiophores, each of them having a polygonal shield with a tiny central depression corresponding to the places where the stalk of the sporangiophore was attached to. The total amount of the sporangiophores was not less than sixty.

Девонские угли Северного Тимана и растения-углеобразователи

Павлова М.А.
Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
milana.a.pavlova@yandex.ru

Угли, сформировавшиеся в девонском периоде, почти не изучались из-за невозможности получения из них кондиционного топлива. Но именно девон был одним из первых в истории Земли периодов, когда из крупных скоплений растительного вещества стали формироваться горючие полезные ископаемые – угли. Особенно важным является изучение растений-углеобразователей, фрагменты которых можно обнаружить в богатых минеральными веществами прослоях.

Впервые девонские угли были обнаружены в 1920–30-е гг. в Кузнецком бассейне – на реке Барзас. Там они были сформированы плауновидными рода *Barsassia* Zalessky, а также остатками удивительных растений с толстой кутикулой *Orestovia* Ergolskaya. Очень сходны с барзасскими близковозрастные разрезы девона на Северном Тимане, где угли также были обнаружены в 1930-е годы.

В процессе исследования изучались бурые угли франского и фаменского возраста (верхний девон) Северного Тимана. Помимо установления структур и текстур углей, а также их физических свойств, при мацерировании были получены растительные остатки, проливающие свет на природу растений-углеобразователей.

Наиболее обильны в северотиманских углях дисперсные (рассеянные) споры древних растений. Иногда их количество составляет около 50% от общего объема породы (такие угли называются кеннельскими; в давние времена их использовали для производства фейерверков). Споры по относительным размерам делят на микро- (до 200 μ) и мегаспоры (более 200 μ). Наиболее характерными формами являются микроспоры *Ancyrospora incisa* (Naum.) M.Rask., Obukh, *Caliptosporites krestovnikovii* (Naum.) Oshurk, *Calyptosporites bellus* (Naum.) Oshurk. Для некоторых видов спор установлены продуцировавшие их растения.

Существенно менее обильны, но также встречаются на плоскостях напластования углистых аргиллитов и алевролитов фрагменты стеблей плауновидных растений *Jurinodendron kiltorkense*.

Особняком стоит находка так называемого «бумажного угля», представляющего собой многочисленные плотно упакованные тонкие слои, подобные толстой сгоревшей книге. При мацерировании такого «бумажного угля» получилось выделить кутикулы растения неясного на данный момент систематического положения.

Весьма важно изучение лигнинов, содержащихся в углях. Так, по предварительным данным (Кочева и др., 2017), у девонских лигнинов наблюдаются очень высокие значения парамагнитных свойств. Это происходит за счет содержащихся в них феноксильных радикалов (по данным ЭПР).

Автор признателен С.М. Снигиревскому за предоставленные материалы.

The Devonian coals of North Timan and coal-forming plants

Pavlova M.A.
St. Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

Coals which were formed in the Devonian period have scarcely been studied because they are unconditional for extraction and exploitation. However, the Devonian was one of the first periods in the Earth's history when fossil fuels (coals) began to form. Studying coal-forming plants is especially important, as their fragments fossilized in the interbed of coaly shales with siltstone.

For the first time, the Devonian coals were detected in the Kuznetsk Basin on the river Barzass (Siberia) in 1920–1930. They were formed by lycopods of the species *Barsassia platyphylla* S. Stepanov and vegetable remains of the amazing plants *Orestovia devonica* Ergolskaya with a thick cuticle. The Devonian outcrops of the North Timan are similar to Siberian ones. The Timanian coals were discovered in the course of geological survey work in 1930.

Brown coals of the Fransian and the Famenian age (the Late Devonian) have been studied. Besides the definition of the structure, texture and physicochemical properties of these coals, plant remains were obtained during maceration providing information on the nature of the coal-forming plants.

The North Timan coals are especially rich in dispersed spores of the ancient plants. Sometimes they amount up to 50% of the total value (this type of coal is called "cannel coal or candle coal"; earlier it was used for fireworks). Spores are divided into two groups depending on the size. The first variety is microspores (up to 200 μ), the second – megaspores (more than 200 μ). Several types of microspores were extracted from the samples. The most typical forms are *Ancyrosporaincisa* (Naum.) M. Rask., Obukh., *Calyptosporites krestovnikovii* (Naum.) Oshurk., *Calyptosporites bellus* (Naum.) Oshurk. Form genera and form species of some fossil plants were determined by the dispersed spores.

The fragments and imprints of the stems of *Jurinodendron kiltorkense* (Haughton) Doweld, 2001 (Lycopodiophyta) rest at the slabs of mudstones and siltstones interbedded with brown coals. The discovery of paper coal is of special interest. It consists of numerous close-packed thin layers and looks like a huge burnt book. The cuticle of plants was separated during maceration of these "paper coal" (at the moment the systematic position of the cuticle-producing organisms is not clear).

The study of lignin extracted from the Devonian coals of the North Timan has just started. According to the preliminary data (Kocheva *et al*., 2017), Devonian lignins were characterized by very high values of paramagnetic properties, due to the presence of phenoxy radicals (according to EPR data) in the Devonian brown coals.

The author thanks S.M. Snigirevsky for the provided materials and leadership in the research.

Структурная организация эпидермы листьев современных гнетовых и их сравнение с покрытосеменными и беннеттитовыми

Пагода Я.О.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;
Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
ianinapagoda@gmail.com

Происхождение покрытосеменных растений является фундаментальным вопросом, волнующим ботаников уже много столетий. В качестве возможных их предков рассматриваются: гнетовые – реликтовая группа семенных растений, и ныне вымерший порядок беннеттитовые. Обе группы обладают признаками, присущими цветковым растениям. P.R. Crane (1996) и A.G. Ponomarenko (1998) предполагают, что в раннем мелу создавались весьма благоприятные условия для эволюции семенных растений в сторону ангиоспермизации, т.е. появления признаков, характерных для покрытосеменных.

В качестве объекта исследования выбран лист. Его сходство как по внешнему виду, так и по морфолого-анатомическим особенностям (покровная ткань, устьичный аппарат) у этих трех групп растений не вызывает сомнений. Вопрос состоит в том, носит ли это сходство исключительно внешний характер или же проявляется в системной организации данного органа в целом.

Листья представителей рода *Gnetum* L. и цветковых растений, в частности древесных двудольных, во многом сходны. Ряд из обнаруженных у гнетумов корреляций регулярно встречается у цветковых растений. Так, площадь пластинки у них определяется числом антиклинальных делений клеток в ее тканях; плотность размещения устьиц в эпидерме зависит от величины ее основных клеток и устьичного индекса; величина просветов сосудов ксилемы в

черешке напрямую связана с величиной пластинки. Более того, гнетумы сходны с покрытосеменными растениями не только по анатомии и морфологии листа и характеру связей между признаками его строения, но и по их изменчивости, что было показано при сопоставлении результатов анализа изменчивости с представителями рода *Populus* L.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 18-34-00912).

Structural organization of leaf epidermis of modern gnetums and its comparison with angiosperms and bennettits

Pagoda I.O.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia;
St. Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

The origin of angiosperms is a fundamental question that has been intriguing botanists for many centuries. Gnetophyta, a relict group of seed plants, and the extinct order Bennettitales are considered as their possible ancestors. Both of them have characters that are inherent in flowering plants. P.R. Crane (1996) and A.G. Ponomarenko (1998) suggest that in the early Cretaceous rather advantageous conditions developed for the evolution of seed plants, leading toward angiospermization process, i.e. the appearance of features typical of angiosperms.

The leaf has been chosen as the object of the research. Its similarity both in appearance and morphological and anatomical features (epidermis, stomatal complex) in these three groups of plants is beyond doubt. The question is whether this similarity is exclusively external or reveals in the system organization of the organ as a whole.

The leaves of gnetums and flowering plants, wood dicots in particular, are similar in many aspects. A number of correlations found in the leaves of gnetums are regularly found in flowering plants. For instance, the area of the leaf plate is determined by the number of anticlinal cell divisions in its tissues; the stomatal density in epidermis depends on its basic cells and stomatal index; the magnitude of the lumens of the xylem vessels in the petiole is directly related to the size of the plate. Moreover, gnetums are similar to angiosperms not only in the anatomy and morphology of the leaf and in the nature of correlations between the characters of its structures, but also in their variability. This was shown by comparing the results of the variability analysis with *Populus* L. genus.

This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research (Grant No. 18-34-00912).

Devonian woods from the middle course of the river Sula (the eastern slope of Northern Timan, Russian Arctic)

Sivkova A.P.
St. Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia
annie.sivkova@gmail.com

The early vascular plant woods began to enter the fossil record in the Early Devonian time around 407 million years ago (Gerrienne *et al*. 2011).

Numerous remains of stems and roots are found on every continent where the Upper Devonian strata are present. However, some of the Eastern-European fossil plant localities are still unexplored. The Upper Devonian deposits of Northern Timan (Komi Republic and the Nenets Autonomous District, Russia) contain remains of early forest communities as well as well-developed paleosol profiles, fishes and early vertebrates. The sections are difficult to access, and the majority of publications are written in Russian and unknown to the world scientific community (Snigirevsky *et al*., 2017).

A few palaeobotanical collections were gathered in the course of geological survey work, mainly because of their stratigraphic value for the correlation of faunistically uncharacterized strata (F.N. Chernyshev, V.P. Barkhatova, A.A. Chernov, L.S. Kossovoy). The first monographic description of the plant macroremains of Northern Timan was made by S.M. Snigirevsky (1997). Several field trips were undertaken with the aim of studying fossiliferous deposits of the region, first forest-forming communities, paleosoils and the mechanisms of vertebrate terrestrialization (Snigirevsky, 1993; Beznosov, 2011, 2013; Snigirevsky, Beznosov, 2016).

But only two species of fossil woods were reported. The remains of *Dadoxylon timanicum* were collected by G.A. Chernov (1937–1939), who passed them to M.D. Zalessky, but the description of this new species was not published. In a later work (Lemoigne *et al*., 1983) this species was described as a synonym of the type species *Callixylon trifilievii* Zalessky. A Late Devonian representative of the Pteropsida – *Pietzschia timanica* – was described by V.G. Lepechina (1968) from the river Sula.

In 2017 Frasnian plant remains were collected during field work by Snigirevsky (St. Petersburg State University), Beznosov (the Institute of Geology, Komi Science Centre), V.S. Chuprov, D.A. Lutoev and the author. The collection was taken from the two banks of the river Sula, among the outcrops of pillow-lava basalts and terrigenous strata. In the intrabasaltic layer of the uppermost Kumushka Formation (D_2gv-D_3f^1) plant and fish remains have been discovered. The intrabasaltic coaly-shales contain numerous imprints of *Jurinodendron kiltorkense* (Haughton) Doweld, 2001. The Grubyj Ruchej Formation (D_3f) is composed of layered clays, red and green sandstones and interbedded coals containing palynomorphs and woods.

The preliminary study of some woods in scanning electron microscopy (SEM, Hitachi-3000) and through the observation of thin sections in light microscopy has shown the identity of some of the specimens with *Callixylon.* This genus, known to be connected to *Archaeopteris* leaves, has confirmed the appearance of the tree habit in heterosporous plants of Late Devonian age with a dense type of wood (Beck, 1960). Furthermore, anatomically preserved remains of

Lycopodiophyta were found, which are currently being studied. Fromboidal pyrite mineralization in the tracheid hollows is commonly preserved as a result of the activity of sulfate reducing bacteria in anaerobic conditions (Lett, Fletcher, 1980). In some samples calcite minerals occupy fractures in coalified tissues whereas cell walls are destructed. A few selected samples were subjected to petrographical and palynological analysis.

The future paleoxylological investigation of Northern Timan fossil woods will increase our knowledge of the distribution of first forest formations over the land and ancient plant communities.

The research was carried out using the resources provided by the Resource Center for Microscopy and Microanalysis of SPbU. The author is grateful to B. Meyer-Berthaud and S.M. Snigirevsky for valuable advice *on the various aspects of this* project.

Род *Trochodendroides* Berry в позднемеловых флорах Северо-Востока России

Юдова Д.А., Гниловская А.А.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
darya.yudova@mail.ru

Род *Trochodendroides* часто встречается в позднеальб-маастрихтских флорах Северо-Востока России. Для представителей данного рода характерны разнообразные по форме листовые пластинки с пальчатым брохидодромным жилкованием и зубчатым краем.

Нами была проведена ревизия рода *Trochodendroides* в мелу Северо-Воска России, в результате которой был описан один новый вид (*T. montana* P. Alekseev), составлено шесть новых комбинаций (*T. ochotica* (Vachr. et Herman) Golovn. et Gnilovskaya, *T. barykovensis* (Moiseeva) Golovn., *T. gigantea* (Moiseeva) Golovn., *T. terranea* (Moiseeva et Herman) Golovn., *T. campanica* (Abramova) Golovn. et Yudova, *T. crenata* (Herman) Golovn.) и предложены новые названия для двух видов (*T. samyliniae* P. Alekseev, *T. magadanica* Golovn.), а также расширены диагнозы для десяти видов.

Всего в позднемеловых флорах Северо-Востока России отмечен 21 вид рода *Trochodendroides*. Для этих видов было проанализировано стратиграфическое и географическое распространение. Систематическое и морфологическое разнообразие представителей рода было достаточно низким в позднем альбе-туроне. В течение коньяка разнообразие рода существенно увеличилось. В сантоне количество находок листьев рассматриваемого рода снизилось. В этот период наиболее типичны виды с узкоэллиптическими или ланцетными листовыми пластинками. Число видов и морфологическое разнообразие представителей рода *Trochodendroides* вновь начало расти в кампане и затем упало в маастрихте. Виды *T. deminii* и *T. sachalinensis* характеризовались широким стратиграфическим распространением (от позднего альба до маастрихта и от коньяка до кампана соответственно). Для остальных видов характерен узкий стратиграфический интервал.

Из 21 вида рода *Trochodendroides*, характерных для Северо-Востока России, только 3 выходят за пределы данной территории. При этом большинство видов отмечены в составе только одной флоры.

The genus *Trochodendroides* Berry in the Late Cretaceous floras of the North-East of Russia

Yudova D.A., Gnilovskaya A.A.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

The genus *Trochodendroides*, recognized by its ovate or elliptical leaves with palmate brochidodromous venation, is well represented in the late Albian-Maastrichtian floras of the North-East of Russia. The study of recently collected materials and revision of previous data allow us to introduce one new species (*T. montana* P. Alekseev) and to create 6 new combinations (*T. ochotica* (Vachr. et Herman) Golovn. et Gnilovskaya, *T. barykovensis* (Moiseeva) Golovn., *T. gigantea* (Moiseeva) Golovn., *T. terranea* (Moiseeva et Herman) Golovn., *T. campanica* (Abramova) Golovn. et Yudova, *T. crenata* (Herman) Golovn.). New names were proposed for two species (*T. samyliniae* P. Alekseev, *T. magadanica* Golovn.). The diagnoses of 10 species are emended.

The species *T. pekulneensis* Philipp. and *Zizyphus anadyrensis* Philipp. are joined under the name *T. pekulneensis* Philipp. emend. Yudova. The species *Z. microphylla* Philipp. and *T. armanensis* Philipp. are joined under the name *T. magadanica* Golovn. The species *Macclintockia ochotica* Vachr. et Herman and *T. longifolia* Golovn. are joined under the name *T. ochotica* (Vachr. et Herman) Golovn. et Gnilovskaya.

On the whole, 21 species are recognized in the Late Cretaceous floras of the North-East of Russia. Their stratigraphic and geographic ranges are analyzed. The systematic and morphological diversity of *Trochodendroides* was comparatively low in the late Albian–Turonian and the occurrences of these leaves are rare. During the Coniacian this genus reached the highest systematic and morphological diversity. In the Santonian the abundance of *Trochodendroides* leaves decreased. At this time the lanceolate or narrow-ovate leaf morphotypes were the most usual. The abundance of *Trochodendroides* leaves increased again in the Campanian and decreased in the Maastrichtian. The species *T. deminii* and *T. sachalinensis* were characterised by wide stratigraphic ranges (from the late Albian to the Maastrichtian and from the Coniacian to the Campanian respectively). Other species are characterized by a narrow stratigraphic range.

Among the 21 species, 18 species were distributed only in the North-East of Russia. Many species were recorded only in a single floristic assemblage.

СИСТЕМАТИКА И ФИЛОГЕНИЯ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ

Эволюция злаков: современные представления

Носов Н.Н.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
nnosov2004@mail.ru

Злаки (*Poaceae*) являются самым важным в экономическом отношении и одним из крупнейших семейств цветковых растений, насчитывая по последним данным около 10000 видов, относящихся к 700 родам. Они распространены практически во всех местообитаниях и покрывают примерно одну пятую земного ландшафта. *Poaceae* прекрасно адаптированы к разнообразным экологическим условиям Земного шара в первую очередь благодаря особенностям генеративных органов – формированию элементарных соцветий-колосков и анемофилии у большинства представителей.

Такая исключительная роль этого семейства в жизни Земли и человечества издавна привлекала внимание исследователей, в том числе систематиков. Первоначально злаки считались родственными осоковым (*Cyperaceae*) из-за ряда признаков соцветия. Но со временем *Poaceae* стали сближать с такими небольшими семействами как *Joinvilleaceae* и *Restionaceae* и в меньшей степени – с пальмами (*Arecaceae*). В настоящее время злаки принято относить к подклассу *Commelinidae*, их родство с *Joinvilleaceae* и *Restionaceae* подтвердилось на молекулярно-филогенетическом уровне.

Разделение злаков на группы, сегодня называемые трибами, началось еще в 18 в. Позднее в работах Брауна предпринимается попытка объединить трибы в группы, которые теперь мы называем подсемействами. Он разделяет злаки на трибы *Paniceae* и *Poaceae*, основываясь на строении колоска. Эта система была в дальнейшем развита Бентамом и Хукером (1883) и Гаккелем (1887), сохраняясь вплоть до 20 века. Наряду с важными и правильными чертами эти системы имели ряд серьезных недостатков, например, высокую степень формальности в классификации, в результате чего родственные роды попадали в разные трибы. В дальнейшем, начиная с 1960-х годов, филогенетические системы злаков строятся с обязательным учетом цитологических, анатомических и палинологических данных. Из подобных систем, основанных на комплексе данных, следует отметить системы Стеббинса и Крэмптона (1961), Н.Н. Цвелёва (1976; 1989), Клэйтона и Ренвойза (1986). Эти обработки семейства *Poaceae* до сих пор служат основой для более современных.

Сегодняшние системы семейства Злаки построены на комплексном подходе, включая данные молекулярно-филогенетического анализа маркерных последовательностей генома и в самое недавнее время – геномного секвенирования. По кариологическим данным и данным сравнения геномов разных видов можно проследить наиболее крупные этапы в эволюции всего семейства злаков: раунды изменения основного числа хромосом. Общий предок всех существующих злаков обладал основным хромосомным числом x = 5 или x = 7. Затем этот гипотетический таксон прошел через раунды последовательной полиплоидизации. Первый раунд полиплоидизации с последующей хромосомной транслокацией завершился появлением предка с 12 хромосомами, вероятно, родственного современным бамбукам. От этого кариотипа произошли все современные кариотипы злаков. Основные кариотипы в крупных эволюционных группах – это наиболее близкий к предковому *Ehrhartoideae*-тип (x = 12), *Brachypodium*-тип (x = 5), *Triticeae*-тип (x = 7), *Paniceae*-тип (x = 10).

Рассмотрим более подробно современные представления об эволюции подсемейств и триб злаковых. Самая новая классификация построена по результатам анализа хлоропластных генов *matK* и *ndhF*. Они наследуются преимущественно по материнской линии и наиболее удобны для установления родства между трибами. *Poaceae* включают в себя базальные эволюционные линии, кладу BOP (бамбуковые, рисовые, мятликовые) и кладу PACMAD (арундиноидные + паникоидные злаки в широком смысле) (всего 12 подсемейств). К базальным линиям принадлежат подсемейства *Anomochlooideae* и *Streptochaetoideae* – очень своеобразные травянистые бамбуки с расщепленными верхними цветковыми чешуями, спиральным расположением чешуй колоска. Эти подсемейства считались близкими к предкам для злаков, и здесь блестяще подтвердилась гипотеза Н.Н. Цвелёва о травянистости первичных злаков. Также к базальным линиям относится и *Pharus* P. Browne– травянистый неотропический злак ранее неясного родства. Все эти базальные линии сохраняют такой примитивный признак, как развитые черешки листьев.

Настоящие бамбуки, сохранив ряд очень примитивных черт в строении колоска и цветка, достигли высокой эволюционной специализации по морфологии стебля. Вся их эволюция происходила в условиях тропических и субтропических лесов, где не было резких изменений климатических условий и, возможно, также флористического состава. Но по последовательностям хлоропластной ДНК они уже более продвинуты, чем базальные линии злаков, объединяясь с группой фестукоидных злаков, *Pooideae*. Сестринской к прочим группам внутри настоящих бамбуков оказывается подтриба *Arundinariinae* с очень многоцветковыми колосками и слабым одревеснением стебля.

Крупное подсемейство *Pooideae* состоит, по данным анализа хлоропластных генов, из ранних эволюционных линий, триб *Bromeae* + *Triticeae* и большой клады, включающей трибу *Poeae* s. l. Фестукоидные злаки, согласно мнению Н.Н. Цвелёва, продолжали свою эволюцию из каких-то первичных таксонов, подобных бамбукам, в условиях относительных высокогорий при нарастающей сезонности климата. Вероятно, они довольно долго сохраняли относительно невысокую степень специализации, но в дальнейшем их развитие шло в сторону крио- и ксерофилизации.

Для ранних линий, включающих такие трибы, как *Nardeae, Meliceae, Stipeae*, характерна мозаичность морфологических признаков. К примеру, ковылевые (триба *Stipeae*) сохраняют такие архаичные черты, как три хорошо развитые лодикулы (цветковые пленки). *Meliceae*, к которым принадлежат широко распространенные лесные виды р. *Melica* L., характеризуются большим числом жилок на нижних цветковых чешуях и замкнутыми почти по всей длине влагалищами листьев. Также у этих архаичных триб часто более высокое основное число хромосом, от 8 до 12, что

сходно с предковым хромосомным набором для *Pooideae*.

Клада *Bromeae* + *Triticeae* формирует следующий этап эволюции злаков внутри группы BOP – полностью фестукоидная анатомия листа и зародыша, но иногда большое число жилок на нижних цветковых чешуях и замкнутые на длительном протяжении влагалища листьев у *Bromeae*. Начиная с этой клады, особенно у *Triticeae*, получает распространение сетчатая эволюция, причем нередко между разными родами. Собственно говоря, полиплоидные роды пшеницевых, такие как *Elymus* L., являются сложными комбинациями элементарных геномов, полученных от диплоидных родов (например, от *Hordeum* L., *Elytrigia* Desv., *Australopyrum* (Tzvelev) Á.Löve).

От каких-то примитивных таксонов с метельчатым соцветием, возможно, близким *Bromeae*, произошла и самая большая группа злаков – триба *Poeae* s. l. Клада включает в себя наиболее крупные роды в семействе злаков – *Poa* L. и *Festuca* L. и хозяйственно важный род овес –*Avena* L. В этой группе наиболее характерна сетчатая эволюция, то есть гибридизация, нередко весьма отдаленная. Именно поэтому авторы современной классификации и предпочитают называть всю группу трибой Мятликовые, хотя внутри нее есть хорошо выделяющиеся клады *Avena*- и *Poa*-хлоропластных типов, которые можно поставить в соответствие трибам *Aveneae* s.str. и *Poeae* s.str. По морфологическим признакам для старой трибы *Aveneae* s.str. характерны нижние цветковые чешуи с развитой остью, отходящей обычной ниже верхушки чешуи, а для трибы *Poeae* s.str. нижние цветковые чешуи либо безостые, либо, реже, с верхушечной остью. При этом многие роды, входящие в *Aveneae* по морфологическим признаками, например, *Avena, Agrostis* L., *Calamagrostis* Adans. и т. п. попадают в «овсовую» группу и по последовательностям ДНК. То же самое относится и ко многим представителям трибы *Poeae*, особенно *Poa, Puccinellia* Parl. и родственным родам. Но сложности возникают на границах эти близких клад. Так, например, щучка (*Deschampsia* P. Beauv.) из подтрибы *Airinae* имеет явно химерное происхождение. По хлоропластным генам этот род близок группе родства *Festuca* s. l. (триба *Poeae* s.str.). Но по ядерным генам *Deschampsia* хоть отдаленно, но родственна *Aveneae* s.str. и не сближается с овсяницами.

Вторая большая клада и наиболее крупная линия эволюции – это паникоидные злаки и их родственники (PACMAD). В целом они более эволюционно продвинуты, чем фестукоидные злаки, вдобавок только эта клада освоила более выгодный в жарких условиях C_4-фотосинтез. Их основной центр разнообразия – аридные территории. Однако, подсемейство тростниковые (*Phragmitoideae*) оказывается достаточно архаичным в этой кладе. Длительная пройденная ими эволюция позволяет тростникам расселяться по всему миру. К подсемейству тростниковые примыкает и злак умеренных широт *Molinia* Schrank, ранее относимый к *Pooideae*. Дальнейшее формирование злаков клады PACMAD было связано с формированием саванноподбных группировок растительности. Первичные просовые (*Paniceae*) после кратковременного периода ксерофилизации, вероятно, возвратились к мезофитному состоянию. Эволюция первичных видов трибы *Andropogoneae* (представитель – р. *Zea* L.), вероятно, и дальше была связана с саваннами, а подсемейства *Chloridoideae* с районами, подверженными наибольшей аридизации. При этом подсемейство *Chloridoideae* образует по хлоропластным генам совершенно отдельную линию от *Panicoideae*. Таким образом, можно сказать, что приспособление к жаркому климату в кладе PACMAD, в частности, связанная с формированием C_4-фотосинтеза, шла параллельно в разных группах.

В заключение необходимо сказать, что филогенетический анализ злаков по хлоропластным генам дает достаточно точный, но всего лишь срез эволюционной картины. Полностью установить родство внутри такого сложного семейства, как злаки, возможно лишь с применением маркеров из разных участков генома с обязательным привлечением и морфологических данных. Схема, построенная на основании анализа ITS-последовательностей ядерного генома, дает в целом близкую структуру разделения триб и подсемейств, но сами роды, входящие в клады, могут быть иными.

Исследование выполнено на средства гранта РФФИ № 17-00-00337 на оборудовании ЦКП «Клеточные и молекулярные технологии изучения растений и грибов» Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (Санкт-Петербург).

Evolution of grasses: modern knowledge

Nosov N.N.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

Grasses (*Poaceae*) is the most important economically and one of the largest families of flowering plants, comprising about 10000 species belonging to 700 genera according to the latest data. They are distributed in almost all habitats and cover about one-fifth of the earth's landscape. *Poaceae* are perfectly adapted to the diverse environmental conditions of the globe primarily due to the characteristics of generative organs – the formation of elementary inflorescences and anemophilia in most representatives.

The exceptional role of this family in the life of the Earth and mankind has long attracted the attention of researchers, including taxonomists. Originally, grasses were considered to be related to the sedges (*Cyperaceae*) due to a number of inflorescence traits. However, over time the scientists treated *Poaceae* closer to such small families as *Joinvilleaceae* and *Restionaceae* and to a lesser extent – to palm trees (*Arecaceae*). Currently, grasses are usually referred to the subclass of *Commelinidae*, their relationship to *Joinvilleaceae* and *Restionaceae* was confirmed at the molecular-phylogenetic level.

The division of grasses into groups, now called tribes, began in the 18th century. Later in Brown's works an attempt is made to unite tribes into groups, which we now call subfamilies. It divides the grasses into tribes *Paniceae* and *Poaceae*, based on the structure of the spikelet. This system was further developed by Bentham and Hooker (1883) and Hackel (1887), remaining until the 20th century. Along with important and regular features, these systems had a number of serious shortcomings, for example, a high degree of formality in the classification, resulting in related genera falling into different tribes. Further, since the 1960s, phylogenetic systems of grasses have been constructed with mandatory consideration of cytological, anatomical and

palynological data. Of these treatments based on a complex of data, we should mention the systems presented by Stebbins and Crampton (1961), N.N. Tzvelev (1976, 1989), Clayton and Renvoize (1986). These treatments of the Poaceae family still serve as the basis for more modern ones.

Today's systems of the Grass family are built on an integrated approach, including data on the molecular-phylogenetic analysis of marker genome sequences and, most recently, on genomic sequencing. According to the karyological data and the comparison data of genomes of different species, we can trace the largest stages in the evolution of the whole family of grasses: rounds of the basic chromosome number change. The common ancestor of all existing grasses possessed the main chromosomal number x = 5 or x = 7. Then this hypothetical taxon passed rounds of successive polyploidization. The first round of polyploidization followed by chromosomal translocation resulted in the appearance of an ancestor with 12 chromosomes, probably related to modern bamboos. From this karyotype all modern karyotypes of grasses have occurred. The main karyotypes in large evolutionary groups are the closest to the ancestral, *Ehrhartoideae*-type (x = 12), *Brachypodium*-type (x = 5), *Triticeae*-type (x = 7), *Paniceae*-type (x = 10).

Let us view in more detail modern ideas about the evolution of subfamilies and tribes of grasses. The newest classification is based on the analysis of the chloroplast genes *matK* and *ndhF*. They are inherited mainly on the maternal line and are most convenient for establishing the relationship between the tribes. *Poaceae* include basal evolutionary lines, BOP clade (bamboo, rice, and meadow grass) and PACMAD clade (arundinoid + panicoid grasses in a broad sense) (total 12 subfamilies). Basal lines belong to the subfamilies *Anomochlooideae* and *Streptochaetoideae* – very peculiar herbaceous bamboos with split paleas, spiral arrangement of the glumes. These subfamilies were considered close to the ancestors of grasses, and here the hypothesis of N.N. Tzvelev on the herbaceousness of primary grasses was brilliantly confirmed. Also to the basal lines belongs *Pharus* P. Browne – an herbaceous neotropical grass of a previously unknown relationship. All these basal lines preserve such a primitive sign as developed leaf petioles.

Real bamboos, while retaining a number of very primitive features in the structure of the spikelet and flower, have achieved a high evolutionary specialization in the morphology of the stem. All their evolution took place in tropical and subtropical forests, where were no abrupt changes in climatic conditions and, probably, also in floral composition. Though by the sequences of chloroplast DNA, they are already more advanced than the basal lines of grasses, uniting with the group of festucoid grains, *Pooideae*. Sister to other groups within these bamboos is a subtribe *Arundinariinae* with very many-flowered spikelet and weak lignification of the stem.

A large subfamily *Pooideae* consists, according to the analysis of chloroplast genes, of early evolutionary lines, tribes *Bromeae* + *Triticeae* and a large clade containing the tribe *Poeae* s. l. Festucoid grasses, according to the opinion of N.N. Tzvelev, continued their evolution from some primary taxa like bamboos, in conditions of relative high elevations with increasing seasonal climate. Probably, they kept for a relatively long time a relatively low degree of specialization, but in the future their development moved towards cryo- and xerophilization.

For early lines, including such tribes as *Nardeae*, *Meliceae*, *Stipeae*, the mosaic character of morphological features is peculiar. For example, feather grasses (tribe *Stipeae*) retain such archaic features as three well-developed lodicules (flower films). *Meliceae*, to which belong the widespread forest species of the genus *Melica* L., are characterized by a large number of veins on the lower flower scales and leaf sheaths closed almost along the entire length. Additionally, these archaic tribes often have a higher basic number of chromosomes, from 8 to 12, which is similar to the ancestral chromosome set for *Pooideae*.

The clade of tribes *Bromeae* + *Triticeae* forms the next stage in the evolution of grasses within the BOP group – a completely festucoid anatomy of the leaf and embryo, but sometimes a large number of veins on the lemmas and leaf sheaths of *Bromeae* closed over the long stretch. Beginning with this clade, the net evolution is widespread, especially in *Triticeae*, and often between different genera. Strictly speaking, polyploid genera of wheat tribe, such as *Elymus* L., are complex combinations of the elementary genomes obtained from diploid genera (for example, from *Hordeum* L., *Elytrigia* Desv., *Australopyrum* (Tzvelev) Á.Löve).

From some primitive taxa with a paniculate inflorescence, possibly close to *Bromeae*, the largest group of grasses, the tribe *Poeae* s. l. originated. The clade includes the largest genera in the family of grasses – *Poa* L. and *Festuca* L. and the economically important genus Oat – *Avena* L. In this group a reticulate evolution (hybridization) is the most characteristic, often quite remote. That is why the authors of the modern classification prefer to call the whole group tribe *Poeae*, although inside it there are well-defined clusters of *Avena*- and *Poa*-chloroplast types that can be placed in correspondence with the tribes *Aveneae* s.str. and *Poeae* s.str. According to the morphological features, the old tribe *Aveneae* s.str. is characterized by lemmas with a developed awn, attached usually below the tip of the scales, and for the tribe *Poeae* s.str. the lemmas are either awnless or, more rarely, with apical awn or spinule. At the same time, many genera belonging to *Aveneae* by morphological features, for example, *Avena*, *Agrostis* L., *Calamagrostis* Adans., etc., fall into the "oat" group according to the DNA sequences. The same applies to many representatives of the tribe *Poeae*, especially *Poa*, *Puccinellia* Parl. and related genera that fall into the "bluegrass" group. Nevertheless, the difficulties arise on the borders of these close clades. For example, the tufted hairgrass (*Deschampsia* P. Beauv.) from the subtribe *Airinae* has a clearly chimeric origin. According to the chloroplast genes, this genus is close to the *Festuca* s. l. affinity (tribe *Poeae* s.str.). But basing on the nuclear genes, *Deschampsia* is at least remotely related to *Aveneae* s.str. and not to the fescue.

The second large clade and line of evolution are the panicoid grasses and their relatives (PACMAD group). In general, they are more evolutionarily advanced than festucoid grasses, in addition only this clade has mastered a C_4-photosynthesis that is more advantageous under hot conditions. Their main center of diversity is the arid territories. However, the Reed subfamily (*Phragmitoideae*) is rather archaic in this group. The long evolution they have passed allows the reeds to spread all over the world. To this subfamily also adjoins *Molinia* Schrank, the grass of the temperate latitudes, previously attributed to the *Pooideae*. Further development of grasses of the PACMAD clade was associated with the formation of savanna-like vegetation. Primary millet tribe (*Paniceae*) after a short period of xerophilization, probably returned to the mesophytic state. The evolution of the first

species of the tribe *Andropogoneae* (representative – *Zea* L.) probably continued to be associated with savannas and the subfamily *Chloridoideae* with areas prone to the greatest aridization. Moreover, *Chloridoideae* forms a completely separate line from the *Panicoideae* according to the chloroplast genes. Thus, it can be said that the accommodation to the hot climate in the PACMAD clade, in particular, related to the formation of C_4 photosynthesis, went parallel in different groups.

In conclusion, it is necessary to say that the phylogenetic analysis of grasses by chloroplast genes gives a fairly accurate, but only a section of the evolutionary picture. Completely establish affinity within such a complex family as grasses, is possible only using markers from different parts of the genome with mandatory involvement of the morphological data. The scheme, built according to the analysis of ITS sequences of the nuclear genome, gives a generally close structure for the separation of tribes and subfamilies, but the genera belonging to the clades may be different.

The research was done using equipment of The Core Facilities Center "Cell and Molecular Technologies in Plant Science" at the Komarov Botanical Institute RAS (St.-Petersburg, Russia) and was supported by the RFBR Grant № 17-00-00337.

References:

Clayton WD, Renvoize SA. 1986. Genera Graminum. Grasses of the World. *Kew Bull. Additional Series*. 13: 1–389.

Salse J. 2016. Deciphering the evolutionary interplay between subgenomes following polyploidy: A paleogenomics approach in grasses. *Am. J. Bot*. 103(7): 1167–1174.

Soreng RJ, Peterson PM, Romaschenko K, Davidse G, Zuloaga FO, Judziewicz EJ, Filgueiras TS, Davis JI, Morrone O. 2015. A worldwide phylogenetic classification of the Poaceae (Gramineae). *J. Syst. Evol*. 53(2): 113–137.

[Tzvelev] Цвелёв Н.Н. 1976. *Злаки СССР*. Л. 788 с.

[Tzvelev] Цвелёв Н.Н. 1987. Система злаков (Poaceae) и их эволюция: В сб.: *Комаровские чтения: XXXVII*. Л. С. 62–69.

Циклы «межвидовая гибридизация – полиплоидизация – вторичная диплоидизация – межвидовая гибридизация» в эволюции цветковых растений

Родионов А.В.[1, 2], Шнеер В.С.[1], Гнутиков А.А.[3], Муравенко О.В.[4], Лоскутов И.Г.[2, 3]

[1] Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;

[2] Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;

[3] Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова РАН, Санкт-Петербург, Россия;

[4] Институт молекулярной биологии им. В.А. Энгельгардта, Москва, Россия

avrodionov@mail.ru

В докладе будут рассмотрены те генетические и цитологические процессы, которые сопровождают процессы полногеномной дупликации (полиплоидизации) геномов растений, процессы, которые предшествуют и/или способствуют сальтационному видообразованию у растений. Показано, что геномы и кариотипы неополиплоидов крайне нестабильны. В них часто происходит экпансия транспозонов, потеря значительной части генов, изменения активности генов, изменение паттерна сплайсинга некоторых из дуплицированных генов, хромосомы одного из родителей могут теряться или замещаться гомеологичными хромосомами другого родителя. Постепенно кариотип неополиплоида перестраивается за счет делеций и транслокаций, но так, чтобы для отдельных комплексов генов сохранялось правильное численное соотношение, соблюдалась «доза генов». В гибридогенном геноме полиплоида, в сравнении с родительскими видами, происходят неаддитивные изменения транскриптома, протеома и метаболома, изменения, направление которых, в общем, коррелирует с уклонениями в морфологии гибрида в ту или иную сторону (обзоры: Родионов, 2013; Soltis *et al*., 2014, 2016; Segraves, Anneberg, 2016; Spoelhoh *et al*., 2017). Постепенная утрата части генов и части хромосом одного из субгеномов неополиплоида стабилизирует геном гибрида. На этой стадии кариотип аллополиплоида выглядит как кариотип типичного полиплоида, у которого можно более или менее надежно идентифицировать гомологичные и гомеологичные хромосомы. Мы называем такие кариотипы эуполиплоидами (Родионов *и др*., 2010). У эуполиплоидов разные судьбы. Некоторые из них могут участвовать в следующих актах отдаленных скрещиваний, сопровождающихся полногеномной дупликацией второго и следующих порядков, как это произошло, например, при формировании генома *Triticum aestivum* L. (2n = 42, x = 7) или происходило и происходит с геномами видов рода *Brassica* L. Но возможна и иная судьба эуполиплоида. Со временем некоторые хромосомы эуполиплоида вовлекаются в хромосомные перестройки (транслокации и инверсии). Постепенно, или сальтационно, но за счет транслокаций и инверсий кариотип перестраивается, идет редукция числа хромосом. При этом в геноме можно выделить горячие точки хромосомных перестроек в центромерных и субтеломерных районах и такие районы, где группы сцепления (геномные блоки) относительно константны. Наиболее часты транслокации, захватывающие целое плечо хромосомы и инсерции целых хромосом в центромерные районы других хромосом (Murat *et al*., 2017). Постепенная или сальтационная диплоидизация генома эуполиплоида за счет транслокаций и инсерций превращает его в кариотип, с кариологической точки зрения не отличимый от диплоидного, с некоторым, характерным для рода, относительно низким базисным основным числом хромосом. Смотря на такой кариотип, например, на типичный для злаков кариотип *Avena longiglumis* Durieu с 2n = 14, x = 7, на кариотип *Deschampsia* P. Beauv. с 2n = 26, 52, x = 13, или кариотип *Zingeria biebersteiniana* (Claus) P.A. Smirn. с 2n = 4, x = 2, трудно себе представить, что геномы всех этих видов прошли через 4–5 событий полногеномных дупликаций. Полиплоидная природа таких кариотипов может быть выявлена только в сравнительных геномных исследованиях. Такие геномы и такие кариотипы называют палеополиплоидными. Достигшие уровня эуполиплоида или уровня палеополиплоида группы родства вновь вступают в гибридизацию и цикл повторяется вновь: межвидовая гибридизация – геномный шок – постепенная стабилизация

кариотипа и генома – вторичная диплоидизация – межвидовая гибридизация… По всей видимости, всплеск изменчивости в период геномного шока является тем этапом, на котором, волею случая, возникают те новые состояния генома и кариотипа, которые определяют, обречены ли носители именно этих геномов в складывающихся экологических условиях на судьбу эволюционно-стазисной филогенетической ветви, или среди их потомков пойдут активные процессы адаптивной радиации и таксонообразования. Можно допустить, что, по крайней мере в части случаев, именно вторичная диплоидизация генома и кариотипа являются пусковым механизмом видообразования (Dodsworth *et al*., 2016), с некоторой вероятностью связанного с достижением принципиально нового состояния фенотипа (специфического комплекса морфологических и физиологических признаков, характерных, скажем, для семейства). В другом случае хромосомные расы, более или менее высокие полиплоиды, будут давать новые формы факультативных апомиктов, заслуживающие статуса новых видов, подвидов или форм, но в течение десятков миллионов лет сохраняющих фенотипы без очевидных признаков эволюции, именуемой прогрессивной, с покорностью неся не всегда справедливое именование evolutionary dead-ends (Stebbins, 1950).

Работа выполнена по грантам РФФИ № 18-04-01040, 17-00-00340, 17-00-00336-17-00-00338, а также в рамках Государственного задания №0126-2014-0028 «Кариологическое и молекулярно-филогенетическое исследование дивергенции таксонов цветковых растений».

Cycles «interspecific hybridization – polyploidization – secondary diploidization – interspecific hybridization» in the evolution of flowering plants

Rodionov A.V.[1,2], Shneyer V.S.[1], Gnutikov A.A.[3], Muravenko O.V.[4], Loskutov I.G.[2,3]
[1] Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia;
[2] St. Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia;
[3] Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia;
[4] Engelhardt Institute of Molecular Biology of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

The report will consider those genetic and cytological processes that accompany the processes of whole-genome duplication (polyploidization) of plant genomes, processes that precede and / or contribute to the saltational speciation in plants.

It is shown that the genomes and karyotypes of the neo-polyploids are extremely unstable. In them, the expansion of transposons often occurs; the loss of a significant part of the genes, changes in gene activity, a change in the splicing pattern of some duplicated genes, the chromosome of one parent can be lost or replaced by the homeomorphic chromosomes of the other parent. Gradually, the neopolyploid karyotype is rearranged by deletions and translocations, but so that the correct numerical ratio is maintained for individual gene complexes, the "dose of genes" is kept. In the hybrid genome of the polyploid, in comparison with the parental species, non–additive changes occur in the transcriptome, proteome and metabolome, changes whose direction generally correlates with deviations in the morphology of the hybrid in one or another direction (reviews: Rodionov, 2013, Soltis *et al*., 2014, 2016, Segraves, Anneberg, 2016, Spoelhoh *et al*., 2017). The gradual loss of a part of the genes and part of the chromosomes of one of the subgenomes of the neopliploid stabilizes the hybrid gene. At this stage, the karyotype of the allopolyploid looks like a karyotype of a typical polyploid, in which homologous and homeologous chromosomes can be more or less reliably identified.

We call such karyotypes eupolyploids (Rodionov *et al*., 2010). The eupolypoids have different destinies. Some of them may participate in the subsequent acts of distant crosses, accompanied by full–genomic duplication of the second and the following orders, as happened, for example, in the genome *Triticum aestivum* L. (2n = 42, x = 7) or occurs and occurs with genomes of species of the genus *Brassica* L. However, another destiny of the eupolyploid is possible. Over time, some eupolyploid chromosomes are involved in chromosomal rearrangements (translocations and inversions). Gradually, or saltationally, but due to translocations and inversions, the karyotype is rebuilt, the number of chromosomes is decreasing. Moreover, in the genome, it is possible to identify hot points of chromosomal rearrangements in centromeric and subtelomeric regions and regions where linkage groups (genomic blocks) are relatively constant. The most common are translocations that capture the entire arm of the chromosome and insert entire chromosomes into the centromere regions of other chromosomes (Murat *et al*., 2017). Gradual or saltational diploidization of the eupolyploid genome due to translocations and insertions turns it into a karyotype, from a karyological point of view, indistinguishable from a diploid, with a certain, characteristic for genus, relatively low basic basic number of chromosomes. Looking at such a karyotype, for example, on the karyotype *Avena longiglumis* Durieu typical of grasses with 2n = 14, x = 7, on the karyotype of *Deschampsia* P. Beauv. with 2n = 26, 52, x = 13, or the karyotype *Zingeria biebersteiniana* (Claus) P.A. Smirn. with 2n = 4, x = 2, it is difficult to imagine that the genomes of all these species have passed through 4–5 events of full-genomic duplications. The polyploid nature of such karyotypes can be detected only by comparative genomic studies. Such genomes and such karyotypes we call paleopolyploid. Those affinity groups that have reached the eupolyploid or the paleopolyploid level re-enter the hybridization and the cycle is repeated again: interspecific hybridization – genomic shock – gradual stabilization of the karyotype and genome – secondary diploidization – interspecific hybridization...

Apparently, the burst of variability during the genomic shock is the stage at which, by chance, there are those new genome and karyotype states that determine whether the carriers of these genomes in the emerging environmental conditions are doomed to the fate of the evolutionary–stasis phylogenetic branch, or among their descendants will go active processes of adaptive radiation and taxonomy. It can be assumed that, at least in some cases, it is the secondary diploidization of the genome and karyotype that is the triggering mechanism of speciation (Dodsworth *et al*., 2016), with some probability associated with the achievement of a fundamentally new phenotype state (a specific complex of morphological and physiological characters, characteristic , say, for a family). In another case, chromosomal races, more or less high polyploids, will give new forms of facultative apomicts, deserving the status of new species, subspecies or forms, but for tens of millions of years retaining

phenotypes without obvious signs of evolution, called progressive, with obedience not always fair the naming of evolutionary dead–ends (Stebbins, 1950).

Research was supported by the RFBR Grants № 18-04-01040, 17-00-00340, 17-00-00336-17-00-00338, also within the frame of the State Task №0126-2014-0028 «Karyological and molecular-phylogenetic investigation of the flowering plant taxa divergence».

References:

Dodsworth S, Chase MW, Leitch AR. 2016. Is post-polyploidization diploidization the key to the evolutionary success of angiosperms? *Botanical J. of the Linnean Society* 180(1): 1–5.

Murat F, Armero A, Pont C, Klopp C, Salse J. 2017. Reconstructing the genome of the most recent common ancestor of flowering plants. *Nature genetics* 49(4): 490–496.

[Rodionov] Родионов А.В. 2013. Межвидовая гибридизация и полиплоидия в эволюции растений. *Вавиловский журнал генетики и селекции* 17(4(2)): 916–929.

[Rodionov] Родионов А.В., Носов Н.Н., Ким Е.С., Мачс Э.М., Пунина Е.О., Пробатова Н.С. 2010. Происхождение полиплоидных геномов мятликов (*Poa* L.) и феномен потока генов между Северной Пацификой и суб–антарктическими островами. *Генетика* 46(12): 1598–1608.

Segraves KA, Anneberg TJ. 2016. Species interactions and plant polyploidy. *Am. J. Bot.* 103(7): 1326–1335.

Soltis DE, Visger CJ, Marchant DB, Soltis PS. 2016. Polyploidy: pitfalls and paths to a paradigm. *Am. J. Bot*. 103: 1146–1166.

Soltis DE, Visger CJ, Soltis PS. 2014. The polyploidy revolution then… and now: Stebbins revisited. *Am. J. Bot.* 101(7): 1057–1078.

Spoelhof JP, Soltis PS, Soltis DE. 2017. Pure polyploidy: closing the gaps in autopolyploid research. *J. Systematics and Evolution* 55(4): 340–352.

Хромосомные числа некоторых видов рода *Nitraria* L. из Средней Азии

Ак-Лама Т.А.
Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск, Россия
astra-kus@mail.ru

Объектом нашего исследования является род *Nitraria* L. (селитрянка). Большинство видов селитрянки отличаются лишь метрическими признаками листьев и плодов, что приводит одних авторов к признанию крайних вариантов в качестве самостоятельных видов, другие считают их внутривидовыми формами или экологическими расами. Изучение хромосомных чисел может дать дополнительный материал для решения спорных таксономических вопросов, анализа филогении и генезиса видов этого рода. Кариологически представители *Nitraria* изучены недостаточно, для ряда видов хромосомные числа не определены.

Основным числом хромосом рода *Nitraria* считается x = 12. Исследования *N. sibirica* Pall. и *N. schoberi* L. в Сибири показали, что у этих видов нет определенного числа хромосом, и можно лишь установить наиболее часто встречающиеся числа, как кратные, так и некратные основному числу.

Материалом для настоящего исследования послужили семена двух видов (*N. komarovii* Iljin et Lava, *N. schoberi*), собранных в 2013–2015 гг. в шести популяциях Республик Казахстан и Таджикистан. Кариологический анализ проводился на давленых препаратах по методике для изучения хромосом плодовых растений. В пяти популяциях *N. schoberi* Республики Казахстан (Балхаш, Коктал, Басши, Лепсы, Сарыозек) выявлены клетки, содержащие от 48 до 72 хромосом. Аналогичные результаты получены для образцов из популяций этого вида из Республики Таджикистан, при этом изредка встречались клетки с 2n ≈ 76. Установлено, что в одном и том же образце *N. schoberi* встречаются клетки с разным уровнем плоидности – преимущественно, тетраплоидные, пентаплоидные и гексаплоидные (2n = 48, 60, 72), что подтверждает ранее выявленное в популяциях Сибири для *N. schoberi* и *N. sibirica* явление миксоплоидии. Для *N. komarovii* из балхашской популяции характерны тетраплоидные особи (2n = 48).

Chromosome numbers of some species of the genus *Nitraria* L. in Central Asia

Ak-Lama T.A.
Central Siberian Botanical Garden of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

The object of our study is the genus *Nitraria* L. Most species of *Nitraria* differ only in metric characteristics of leaves and fruits which makes some authors recognize extreme variants as independent species, while others consider them as intraspecific taxa or ecological races. The study of chromosome numbers can provide additional material for solving controversial taxonomic issues, analyzing the phylogeny and genesis of this genus' species. Karyologically, members of *Nitraria* have not been studied enough, chromosome numbers are not determined for a number of species.

The main number of chromosomes in the genus *Nitraria* is x = 12. Studies of *N. sibirica* Pall. and *N. schoberi* L. in Siberia have shown that these species do not have a certain number of chromosomes, and one can only establish the most frequent numbers, both divisible and non-divisible by the main number.

The material for the study was the seeds of 2 species (*N. komarovii* Iljin et Lava, *N. schoberi*) collected in 2013–2015 in 6 populations of the Republics of Kazakhstan and Tajikistan. The karyological analysis was carried out on pressed preparations using the method for studying the chromosomes of fruit plants. In 5 populations of *N. schoberi* of the Republic of Kazakhstan (Balkhash, Koktal, Bashshi, Lepsy, Saryozek) cells containing 48–72 chromosomes were detected. Similar results were obtained for samples from populations of this species from the Republic of Tajikistan, with occasional cells

with 2n ≈ 76. In the same sample of *N. schoberi*, cells with different ploidy level were found – mainly tetraploid, pentaploid and hexaploid (2n = 48, 60, 72). Thus, the phenomenon of myxoploidy previously established in the Siberian populations of *N. schoberi* and *N. sibirica* was confirmed. For *N. komarovii* from the Balkhash population tetraploid individuals (2n = 48) are typical.

Высококопийные тандемные повторы ДНК и их роль в картировании хромосом хмеля обыкновенного (*Humulus lupulus* L.)

Александров О.С.
Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева, Москва, Россия;
Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии, Москва, Россия
olegsandrov@gmail.com

Хмель обыкновенный (*Humulus lupulus* L.) – ценная сельскохозяйственная культура, вызывающая большой интерес не только у специалистов, занимающихся растениеводством, но и у ботаников, цитологов и молекулярных генетиков. *H. lupulus* является двудомным растением с системой половых хромосом XX/XY. Физическое картирование хромосом *H. lupulus* имеет важное фундаментальное значение для понимания механизмов становления геномов растений с половыми хромосомами.

Секвенирование генома *H. lupulus* открыло новые возможности для физического картирования его хромосом. Одним из компонентов генома, который удобно использовать для первичного картирования, являются высококопийные тандемные повторы. В данной работе для быстрого поиска таких повторов использовалось программное обеспечение Tandem Repeat Finder (Benson, 1999). В геноме *H. lupulus* было найдено 18 перспективных для картирования повторов. Для каждого повтора были подобраны праймеры и проведена амплификация. Апмликоны были клонированы и секвенированы для проверки соответствия их тем сиквенсам, на которые были подобраны праймеры. На каждый повтор были синтезированы зонды для проведения флуоресцентной *in situ* гибридизации (FISH). FISH-эксперименты показали наличие сигналов в вариантах с двумя из найденных повторов. Анализ кариотипов с сигналами данных повторов показал, что они являются хромосомоспецифичными.

Проделанная работа показала, что найденные высококопийные тандемные повторы ДНК могут эффективно использоваться для первичного картирования хромосом *H. lupulus* как хромосомоспецифичные цитогенетические маркеры.

Работа выполнена при финансовой поддержке Гранта Президента РФ, Договор № 14.W01.17.121-МК от 22 февраля 2017 г.

High-copy tandem DNA repeats and their role in chromosome mapping of common hop (*Humulus lupulus* L.)

Alexandrov O.S.
Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow, Russia;
All-Russian Scientific Research Institute of Agricultural Biotechnology, Moscow, Russia

Common hop (*Humulus lupulus* L.) is a valuable agricultural crop which causes great interest not only among specialists involved in crop production but also among botanists, cytologists and molecular geneticists. *H. lupulus* is a dioecious plant with a XX/XY system of sex chromosomes. Physical mapping of chromosomes of *H. lupulus* is of great fundamental importance for understanding the mechanisms of genome formation in plants with sex chromosomes.

The sequencing of the genome of *H. lupulus* has revealed new possibilities for physical mapping of its chromosomes. One of the components of the genome which is convenient for primary mapping is high-copy tandem repeats. In the present study, the Tandem Repeat Finder software (Benson, 1999) was used for quick search of such repeats. In the genome of *H. lupulus*, 18 promising repeats were found. Primers were designed for each repeat and amplification was performed. The amplicons were cloned and sequenced to verify that they correspond to the sequences which were selected for design of the primers. Probes of each repeat were synthesized for fluorescent in situ hybridization (FISH). FISH experiments showed the presence of signals in the variants with two of the found repeats. The analysis of karyotypes with the signals of these repeats showed that they are chromosomal specific.

The work done showed that the found high copy tandem DNA repeats can be effectively used for the primary mapping of chromosomes of *H. lupulus* as chromosome-specific cytogenetic markers.

The work was carried out with the financial support of the Grant of the President of Russia, Contract No. 14.W01.17.121-MK of February 22, 2017.

Генетический полиморфизм водяного ореха *Trapa* L. озера Упканкуль в Республике Башкортостан

Артюхин А.Е.[1], Михайлова Е.В.[2], Кулуев Б.Р.[1,2]
[1] Башкирский государственный университет, Уфа, Россия
[2] Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН, Уфа, Россия
mikhele@list.ru

Водяной орех (*Trapa* L.) – редкое и реликтовое для России водное растение, плоды которого являются ценным пищевым ресурсом. В СССР выделяли около 30 видов водяного ореха, в зависимости от формы плода. За рубежом чаще всего выделяют один полиморфный вид, представленный двумя подвидами: *T. natans* var. *natans* L. и *T. natans* var. *bispinosa* Roxb., в плодах которых, соответственно, четыре или два рога. По некоторым данным, в Республике Башкортостан в двух небольших озерах Упканкуль и Бильгиляр произрастает два вида водяного ореха – уральский (*T. uralensis* V. Vassil.) и алатырский (*T. alatyrica* Spryg.), при этом в Красной книге Республики указан только один, причем совершенно другой вид (*T. sibirica* Flerow). В связи с этими противоречивыми данными представляет актуальность проведение генетических исследований водяного ореха в Республике Башкортостан. Анализ с использованием методов RAPD и ISSR может приблизить к решению этого вопроса.

Сухие розеточные листья 18 растений водяного ореха, собранных в различных точках озера, были использованы для выделения тотальной ДНК CTAB-методом. RAPD-анализ проводили с использованием 8 праймеров (LMBD, AFK1, AFK3, OPAI-04, OPAI-05, OPC-06, OPAB-08, OPAC-14), для ISSR-анализа использовали четыре праймера (IS1, IS3, HB12, HB14). Во всех экспериментах выявлялись четко различимые ампликоны, их количество варьировало от 6 до 7 штук, в зависимости от использованного праймера. В результате из всех образцов водяного ореха не удалось выявить ни одного полиморфного локуса. Морфометрический анализ 100 плавающих розеток и плодов также не обнаружил существенных отличий между растениями. При этом анализ методами RAPD и ISSR показал наличие генетического полиморфизма между популяцией озера Упканкуль и амурской популяцией, и в наибольшей степени между популяцией озера Упканкуль и приморской популяцией. Таким образом, есть основания полагать, что выделение большого числа видов целесообразно на территории России, тогда как в озере Упканкуль произрастает только один вид.

Genetic polymorphism in water caltrop *Trapa* L. in Lake Upkankul in the Republic of Bashkortostan

Artyukhin A.E.[1], Mikhaylova E.V.[2], Kuluev B.R.[1,2]
[1] Bashkir State University, Ufa, Russia
[2] Institute of Biochemistry and Genetics of Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

The water caltrop (*Trapa* L.) is an aquatic plant, rare and relict in Russia. It is also a valuable food source. In the USSR around 30 species were distinguished on the basis of fruit shape. In most cases, in other countries, only one polymorphic species is distinguished with two subspecies *T. natans* var. *natans* L. and *T. natans* var. *bispinosa* Roxb., with four and two horns in fruits, respectively. It is suggested that there are two species of water caltrop in two small Lakes Upkankul and Bilgilyar in the Republic of Bashkortostan – *T. uralensis* V. Vassil. and *T. alatyrica* Spryg. However, in the Red Data Book of the Republic another species is mentioned (*T. sibirica* Flerow). This conflicting data make a genetic study of water caltrop in the Republic of Bashkortostan very topical. Analysis using RAPD and ISSR methods can provide a solution to this issue.

Dried rosette leaves of 18 water caltrop plants gathered in different lake locations were used to extract total DNA by CTAB method. RAPD analysis was performed using 8 primers: LMBD, AFK1, AFK3, OPAI-04, OPAI-05, OPC-06, OPAB-08, and OPAC-14; for ISSR analysis we used 4 primers – IS1, IS3, HB12, HB14. In all experiments, we observed clearly visible amplicons. Their quantity varied from 6 to 7 depending on the primer used. Eventually, we did not find any polymorphic loci in the samples. Morphometric study of 100 floating rosettes and fruits did not show any significant differences either. However, RAPD and ISSR analysis indicated genetic polymorphism between the Upkankul and the Amur populations and, at the greatest degree, between the Upkankul and the Primorye populations. Therefore, it is reasonable to suppose that there are many species of water caltrop in Russia, but only one in Lake Upkankul.

Молекулярно-цитогенетическая характеристика *Hippophae rhamnoides* L.

Боне К.Д.[1], Разумова О.В.[1,2], Карлов Г.И.[2]
[1] Российский Государственный Аграрный Университет – МСХА им. К.А.Тимирязева, Москва, Россия;
[2] Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии, Москва, Россия
karinabone@mail.ru

Кариотип – одна из важнейших характеристик вида, которая может дать ценную информацию об эволюции и филогении группы. Облепиха крушиновидная (*Hippophae rhamnoides* L.) – двудомное древесное растение семейства *Elaeagnaceae*, широко возделываемое для получения плодов, которые используются в пищевых и медицинских целях. Природный ареал облепихи простирается от предгорий Гималаев в Китае и Индии до побережья Балтийского моря, она распространена практически во всех горных районах вдоль южной границы России, в Сибири, на Алтае, в Румынии, Польше, Германии. Отдельные куртины, по-видимому, спонтанно одичавшей облепихи встречаются по всей территории европейской части России. Систематика рода довольно запутана. Помимо облепихи крушиновидной род *Hippophae* включает еще до 5 видов, а в самом виде *H. rhamnoides* выделяют множество разновидностей. При этом все виды очень слабо охарактеризованы с генетической и цитогенетической точки зрения. В 2017 году мы в соавторстве с коллегами из Моравского Университета г. Брно (Чехия) провели полногеномное секвенирование мужского и женского растений. Полученные сиквенсы были

проанализированы на наличие повторяющихся последовательностей, локализованных на митотических хромосомах облепихи. На основе этих данных нами составлен кариотип.

Облепиха имеет диплоидный набор хромосом (2n = 24) с 22 аутосомами и одной парой половых хромосом: XX у женских растений и XY у мужских. Хромосомы мелкие, метацентрические, трудноотличимые друг от друга, их центромерный индекс колеблется между 40,28 и 47,50. X-хромосома – самая большая в кариотипе, в то время как Y-хромосома значительно меньше X-хромосомы. Длина хромосом варьируется от 1,1 до 2,6 мкм. Формула кариотипа *H. rhamnoides* – 11m+XY/XX. Для идентификации хромосом с помощью флуоресцентной гибридизации *in situ* (FISH) были выявлены хромосом-специфичные ДНК пробы (на основе повторяющихся последовательностей ДНК), с помощью которых была построена идиограмма.

Molecular-cytogenetic characteristics of *Hippophae rhamnoides* L.

Bone K.D.[1], Razumova O.V.[1,2], Karlov G.I.[2].
[1] Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow, Russia
[2] All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, Moscow, Russia

Karyotype is one of the most important characteristics of the species which can provide valuable information about the evolution and phylogeny of the group. *Hippophae rhamnoides* L. is a dioecious tree plant of the *Elaeagnaceae* family widely cultivated for fruits that are used for food and medical purposes. The natural area of *H. rhamnoides* extends from the foothills of the Himalayas in China and India to the coast of the Baltic Sea, it is widely spread practically in all mountainous areas along the southern border of Russia, the Siberia, the Altai, Romania, Poland, and Germany. Separate populations of spontaneously feral *H. rhamnoides* are found across the whole territory of the European part of Russia. The taxonomy of the genus is rather confusing. In addition to *H. rhamnoides*, the genus *Hippophae* includes up to 5 more species, and in the species *H. rhamnoides* many varieties are distinguished. At the same time, all species are very poorly characterized genetically and cytogenetically. In 2017, in collaboration with colleagues from the University of Brno (the Czech Republic), we sequenced the whole genomes of male and female plants of *H. rhamnoides*. The resulting sequences were analyzed for the presence of repeated sequences localized in the mitotic chromosomes. On the basis of these data we compiled a karyotype.

H. rhamnoides has a diploid set of chromosomes (2n = 24) with 22 autosomes and 1 pair of sex chromosomes: XX in female and XY in male plants. Chromosomes are small, metacentric, hardly distinguishable from each other, their centromeric index varies between 40.28 and 47.50. X-chromosome is the largest in the karyotype while Y-chromosome is much smaller. The average chromosome length ranges from 1.1 to 2.6 μm. The *H. rhamnoides* karyotype formula is 11m+XY/XX. To identify chromosomes with fluorescent *in situ* hybridization (FISH), chromosome-specific DNA probes were obtained (based on repeated DNA sequences) which were then used for construction of an idiogram.

SAPPHIRE: автоматический пайплайн для анализа данных высокопроизводительного секвенирования ампликонов и реконструкции филогении

Горюнов Д.В.[1], Сотникова Е.А.[2], Шеремет А.Б.[2], Горюнова С.В.[3], Троицкий А.В.[1]
[1] Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия;
[2] Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия;
[3] Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Москва, Россия
s.apocarpum@gmail.com

Данные секвенирования нуклеотидных последовательностей активно используются для реконструкции филогении на протяжении уже нескольких десятилетий. На первых порах важным фактором, ограничивающим их применение, была значительная трудоемкость процедуры секвенирования. Даже с появлением секвенаторов, осуществляющих процедуру определения первичной структуры ДНК по методу Сэнгера в автоматическом режиме, стоимость и трудоемкость подобного анализа оставались достаточно высокими для масштабных филогенетических изысканий. Ситуация в корне изменилась с появлением высокопроизводительного секвенирования нового поколения, позволившего многократно снизить стоимость секвенирования. К сожалению, использование данных секвенирования нового поколения зачастую требует от исследователя опыта работы в Unix-окружении, а также владения хотя бы начальными навыками программирования. Все это мешает их активному использованию в среде классических биологов-экспериментаторов.

Для решения этой проблемы нами был разработан автоматический пайплайн SAPPHIRE. SAPPHIRE реализован на языке C#, для создания графического интерфейса были использованы WindowsForms. Функционал данного open-source программного продукта позволяет проводить основные этапы обработки данных высокопроизводительного секвенирования ампликонов с использованием понятного для обычного пользователя графического интерфейса (GUI). Таким образом, SAPPHIRE позволит исследователям без существенного опыта в анализе NGS данных активно использовать их для реконструкции филогении и решения других повседневных задач.

SAPPHIRE: automatic pipeline for data analysis of high throughput amplicon sequencing and phylogeny reconstruction

Goryunov D.V.[1], Sotnikova E.A.[2], Sheremet A.B.[2], Goryunova S.V.[3], Troitsky A.V.[1]
[1] Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia;
[2] Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia;
[3] Vavilov Institute of General Genetics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Nucleotide sequences data has been actively used for phylogeny reconstruction in the recent decades. In the beginning, the considerable limiting factor for the sequencing procedure was its labor-consuming nature. Even with modern capillary sequencers performing determination of DNA primary structure by Sanger method in automatic mode, the cost and labor intensity of such analysis still remained sufficiently high for large-scale phylogenetic studies. The situation drastically changed with the introduction of high-performance next generation sequencing which enabled reducing the cost of sequencing manifold. Unfortunately, application of the next generation sequencing data often requires from researcher to be an experienced Unix user and to have at least basic programming skills. All of this prevents active use of the NGS data among the classical experimental biologists.

To solve this problem, we have developed SAPPHIRE, an automatic pipeline. SAPPHIRE was implemented in C# language. Windows Forms were used to create a graphical interface. The initial input data for SAPPHIRE are the files in the FASTQ format. The functionality of this open-source software enables user to conduct the main stages of processing data from high throughput amplicon sequencing with a user-friendly graphical user interface (GUI). Thus, SAPPHIRE will allow investigators without extensive experience in the analysis of NGS data to use them actively for phylogeny reconstruction and other everyday research tasks.

Вариабельность и видовой состав рода *Pisum* L.

Дьяченко Е.А.
Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН, Москва, Россия
dyachenko-el@yandex.ru

Горох является предметом многочисленных исследований еще со времен опытов Грегора Менделя. Однако, несмотря на незначительное число таксономических единиц рода *Pisum* L., среди систематиков до сих пор нет единого мнения относительно его видового состава и границ видов. За всю историю таксономических исследований восемь представителей гороха получали статус самостоятельного вида: помимо видов *P. sativum* L. и *P. fulvum* Sibth. et Sm., различными систематиками также выделялись *P. formosum* (Stev.) Alef., *P. abyssinicum* A. Br., *P. syriacum* (Berger) Lehm., *P. elatius* M. Bieb., *P. arvense* L., *P. humile* Boiss. et Noe. При этом ряд исследователей некоторым образцам присваивают ранг подвида в составе *P. sativum*, а вид *P. formosum* в последствии выведен в ранг самостоятельно города *Vavilovia* An.A. Fedorov как *V. formosa* (Stev.) An.A. Fedorov. Таким образом, цель работы заключалась в комплексном анализе геномной вариабельности родов *Pisum* и *Vavilovia* методами мульти- и монолокусного анализа и уточнении ряда таксономических вопросов.

В результате проведенного AFLP анализа было показано четкое отделение образцов *V. formosa* от представителей рода *Pisum*. Образцы рода *Pisum* в свою очередь разделились на два подкластера: *P. sativum* и *P. fulvum*. При этом все образцы спорного таксономического статуса образовали единый кластер с представителями *P. sativum* subsp. *sativum*.

Анализ участка ядерной ДНКITS1–ген 5.8SрРНК–ITS2 показал наличие пяти нуклеотидных замен (0,8%) у образцов *V. formosa* и 20 (3,3%) – у рода *Pisum*. Также был проанализирован участок хлоропластной ДНК *trn*Y-*trn*E-*trn*T. Среди образцов рода *Pisum* было детектировано четыре SNP (0,85%), вариабельность участка у *Vavilovia* была несколько выше (1,1%). Полученные данные подтверждают классификацию, согласно которой род *Pisum* включает только два вида *P. sativum* и *P. fulvum.*

Работа выполнена в рамках государственного задания № 0104-2014-0210.

Genetic variability and species composition of the genus *Pisum* L.

Dyachenko E.A.
Federal Research Centre “Fundamentals of Biotechnology” of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Peas have been the subject of numerous studies since Mendel’s research. Despite a small number of *Pisum* taxa, there is still no consensus in the taxonomist community about species composition and its boundaries. Throughout the history of taxonomic studies, only eight peas members have been given the independent species status. In addition to the widely accepted species *P. sativum* L. и *P. fulvum* Sibth. et Sm., different taxonomists also distinguished *P. formosum* (Stev.) Alef., *P. abyssinicum* A. Br., *P. syriacum* (Berger) Lehm., *P. elatius* M. Bieb., *P. arvense* L., and *P. humile* Boiss. et Noe as separate species. Other researchers assume that these species are in fact subspecies of *P. sativum*, except for *P. formosum* that was considered to belong to the separate genus *Vavilovia* An.A. Fedorov as *V. formosa* (Stev.) An.A. Fedorov. Thus, the aim of this study is to fully characterize the genome variability of *Pisum* and *Vavilovia* using the multi-locus and mono-locus analysis, and to clarify some taxonomic issues.

The results of AFLP analysis showed the obvious division of *V. formosa* accessions and *Pisum* accessions. The latter formed two subclusters: *P. sativum* and *P. fulvum*. All accessions of controversial taxonomy status were grouped within *P. sativum* subsp. *sativum*.

Polymorphism analysis of ITS1–5.8SrRNA gene–ITS2 locus revealed five SNPs (0.8%) in *V. formosa* accessions and 20 SNPs (3.3%) in *Pisum* accessions. The analysis of chloroplast region *trn*Y-*trn*E-*trn*T revealed four SNPs (0.85%) in *Pisum* accessions, while in *Vavilovia* accessions the variability was higher (1.1%). The obtained data confirm that the genus *Pisum* includes only two species *P. sativum* and *P. fulvum.*

This study was supported by the grant of the Federal Agency for Scientific Organizations (FASO Russia: No. 0104-2014-0210).

Внутривидовая изменчивость некоторых представителей ряда *Tripetalae* (Diels) Lawrence рода *Iris* L. (Iridaceae)

Журбенко П.М.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
pj_28@mail.ru

Для исследования внутривидовой изменчивости представителей ряда *Tripetalae* (Diels) Lawrence рода *Iris* L. были использованы участки ядерного гена эндо-β-маннозидазыманозил-гликопротеина (GlyHydr) и митохондриального гена субъединицы 4L NADH-дегидрогеназы (nad4L). Были исследованы девять образцов *I. setosa* Pall. ex Link, один образец *I. lokiae* Alexeeva, собранные на территории Дальнего Востока, семь образцов *I. setosa* и один образец *I. setosa* var. *interior* Anders. с территории Аляски, а также два образца *I. hookeri* Penny ex Loudon с восточного побережья Канады.

Генетические отличия обнаружены у четырех образцов *I. setosa* с территории Дальнего Востока. Каждый из двух образцов, собранных с территории Камчатки (исток р. Кроноцкая, окрестности с. Эссо), отличается наличием одного полиморфного сайта (PS) в разных позициях гена GlyHydr. К тому же первый образец имеет 2 PS в гене nad4L. Два других образца были собраны в Приморье (окрестности с. Глазковка Лазовского р-на). Первый из них имеет 1 PS в гене GlyHydr. Второй – отличается наличием 3 PS и одной нуклеотидной замены (NS) в гене GlyHydr, а также 1 PS и 1 NS в гене nad4L.

I. lokiae отличается наличием 3 PS и 1 NS в гене GlyHydr, а также 4 PS в гене nad4L. *I. setosa* var. *interior* отличается наличием 1 PS в гене nad4L. У *I. hookeri* не были обнаружены генетические отличия в исследованных маркерных участках.

Таким образом, показано, что изменчивость *I. setosa* и других представителей ряда *Tripetalae* исследована не полностью. Необходимы дальнейшие исследования, в результате которых из данной группы могут быть выделены новые таксоны, а статус ранее описанных таксонов может быть пересмотрен. Природа возникновения полиморфных сайтов также требует отдельного изучения.

Intraspecific variability of some members of the series *Tripetalae* (Diels) Lawrence of the genus *Iris* L. (Iridaceae)

Zhurbenko P.M.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

To investigate the intraspecific variability of the series *Tripetalae* (Diels) Lawrence of the genus *Iris* L., the parts of the nuclear gene of mannosylglycoprotein endo-beta-mannosidase (GlyHydr) and the mitochondrial gene NADH dehydrogenase subunit 4L (nad4L), were used. Nine samples of *I. setosa* Pall. ex Link and one sample of *I. lokiae* Alexeeva, collected from the Far East, seven samples of *I. setosa* and one sample of *I. setosa* var. *interior* Anders. from Alaska, as well as two samples of *I. hookeri* Penny ex Loudon from the East coast of Canada were examined.

Genetic differences were found in four *I. setosa* specimens from the Far East. Each of the two samples collected in the Kamchatka (the source of the Kronotskaya River, the vicinity of the village of Esso) is characterized by the presence of 1 polymorphic site (PS) in different positions of the GlyHydr gene. In addition, the first sample has 2 PS in the nad4L gene. Two other samples were collected in the Primorye (the vicinity of the village Glazkovka, Lazovsky district). The first one has 1 PS in the GlyHydr gene. The second sample is distinguished by the presence of 3 PS and 1 nucleotide substitution (NS) in the GlyHydr gene, as well as 1 PS and 1 NS in the nad4L gene.

I. lokiae is distinguished by the presence of 3 PS and 1 NS in the GlyHydr gene, as well as 4 PS in the nad4L gene. *I. setosa* var. *interior* differs by the presence of 1 PS in the nad4L gene. *I. hookeri* has no genetic differences in the examined markers.

Thus it is shown that the variability of *I. setosa* and other members of the series *Tripetalae* is not fully investigated. In the result of further studies of this group the potential new taxa can be described, and the status of the previously described taxa can be revised. The origin of the polymorphic sites also requires additional studies.

Филогенетическая систематика семейства Velloziaceae (Pandanales)

Здравчев Н.С.[1,2], Бобров А.В.[1], Романов М.С.[2]
[1] Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия
[2] Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, Москва, Россия
zdravchevnikita@yandex.ru, avfch_bobrov@mail.ru, romanovmikhail@hotmail.com

Одну из самостоятельных клад однодольных в системе APG IV представляет порядок Pandanales, включающий 5 семейств (Velloziaceae, Triuridaceae, Stemonaceae, Pandanaceae, Cyclanthaceae), большинство из которых во времена «морфологических» систем (J. Hutchinson, A. Cronquist, R. Thorne, А.Л. Тахтаджян) никогда не рассматривались как родственные. Семейство Velloziaceae, занимающее в порядке базальное положение, включает 5–10 родов и около 250 видов, распространенных в Африке к югу от Сахары, юго-западной Аравии, на западе Мадагаскара, в восточном Тибете, восточной, северной и центральной частях Южной Америки, Панаме. Несмотря на относительно интенсивное изучение бразильских таксонов Velloziaceae, в целом семейство изучено недостаточно, а так как оно занимает базальное положение в Pandanales, анализ признаков Velloziaceae является актуальной задачей, решение которой позволит выявить плезиоморфные черты морфологического строя порядка. Для реконструкции филогенеза Velloziaceae нами были проанализированы отдельные последовательности пластидной ДНК и рибосомальной РНК представителей 10 узко понимаемых родов семейства (*Talbotia* S. Moore, *Xerophyta* Juss., *Barbaceniopsis* L.B. Sm., *Barbacenia* Vand., *Burlemarxia* N.L. Menezes et Semir, *Pleurostima* Raf., *Nanuza* L.B. Sm. et Ayensu, *Vellozia* Vand., *Aylthonia* N.L. Menezes и *Acanthochlamys* P.C. Kao). В качестве внешней группы был выбран типовой род семейства Stemonaceae. В результате была построена консенсусная «молекулярно-генетическая кладограмма», которая отражает вероятный сценарий эволюционных взаимосвязей родов Velloziaceae, на основе какового были также реконструированы процессы их расселения. В будущем планируется проведение анализа эволюции морфологических признаков, основываясь на данных филогенетических связей в семействе Velloziaceae.

Phylogenetic systematics of the family Velloziaceae (Pandanales)

Zdravchev N.S.[1,2], Bobrov A.V.[1], Romanov M.S.[2]
[1] Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia;
[2] Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

The order Pandanales which includes families Velloziaceae, Triuridaceae, Stemonaceae, Pandanaceae, Cyclanthaceae represents an independent clade of monocots in the APG IV system. Most families of the order Pandanales were never regarded as related in «pre-molecular era» of plant systematics (J. Hutchinson, A. Cronquist, R. Thorne, A.L. Takhtajan). Velloziaceae is the basal family in Pandanales and includes from 5 to 10 genera and about 250 species occurring in sub-Saharan Africa, Southwestern Arabia, Western Madagascar, Eastern Tibet, Eastern, Northern and Central parts of South America, and Panama. In spite of the relatively intensive investigation of Brazilian Velloziaceae taxa, the family has not been studied sufficiently in general, and since it occupies the basal position in Pandanales, the analysis of Velloziaceae morphology is a topical problem whose solution will allow to reveal plesiomorphic characteristics of morphological order. To build the phylogenetic tree of Velloziaceae, we analyzed selected sequences of plastid DNA and ribosomal RNA from 10 genera (in their narrow treatment – *Talbotia* S. Moore, *Xerophyta* Juss., *Barbaceniopsis* L.B. Sm., *Barbacenia* Vand., *Burlemarxia* N.L. Menezes et Semir, *Pleurostima* Raf., *Nanuza* L.B. Sm. et Ayensu, *Vellozia* Vand., *Aylthonia* N.L. Menezes, and *Acanthochlamys* P.C. Kao). The type genus of the related family Stemonaceae was selected as an outgroup. A consensus molecular tree was built in the result. It reflects the probable scenario of the evolutionary interrelations of the genera of Velloziaceae. Based on the molecular cladogram, patterns of the distribution of the Velloziaceae genera were reconstructed. The analysis of evolution of the morphological characteristics will be carried out in the future based on the phylogeny data of Velloziaceae.

Генетическая дифференциация и микроэволюционные взаимоотношения внутри бореальной группы видов рода *Elymus* L. на территории России

Кобозева Е.В.[1], Никонова Д.Е.[1], Дулепова Н.А.[1], Шмаков Н.А.[2]
[1] Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск, Россия;
[2] Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия
ekobozeva87@mail.ru, gerus81@mail.ru, file10-307@yandex.ru, saweron@inbox.ru

Проведено изучение бореальных видов рода *Elymus* L. России методами биосистематики. Группы морфологически сходных видов с общим ареалом принимались за отдельный микроэволюционный комплекс. В Магаданской области камчатский вид *E. charkeviczii* Prob. s.l., включающий морфотипы «charkeviczii s.str.», «subfibrosus» и «mutabilis», обособлен от континентальных биотипов *E. subfibrosus* (Tzvelev) Tzvelev. Подтверждена узкая эндемичность вида *E. kamczadalorum* (Nevski) Tzvelev. Биотипы *E. kronokensis* (Komarov) Tzvelev Камчатки и Магаданской области генетически специфичны. В Южной Сибири популяции *E. kronokensis* и *E. sajanensis* (Nevski) Tzvelev с близким местонахождением могут состоять из репродуктивно совместимых особей. Между сибирскими видами *E. komarovii* (Nevski) Tzvelev и *E. transbaicalensis*

(Nevski) Tzvelev в смешанных популяциях активно протекают процессы гибридизации и интрогрессии. Вид *E. margaritae* A.V. Agaf., Kobozeva et B. Salomon – является репродуктивно обособленным от близкого *E. komarovii*. Узколокальные эндемики юго-восточного Урала *E. uralensis* (Nevski) Tzvelev и *E. viridiglumis* (Nevski) Czerep. способны к гибридизации при совместном произрастании. Выявлены значительные различия ISSR профилей между уральской (*E. uralensis* и *E. viridiglumis*) и сибирской (*E. margaritae*, *E. komarovii* и *E. transbaicalensis*) группами образцов. Существующая таксономическая система рода не отражает микроэволюционные взаимоотношения таксонов. Необходимо создание современной филогенетически ориентированной системы рода.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект № 16-34-00505 мол_а.

Genetic differentiation and microevolutionary relationships among boreal species of the genus *Elymus* L. in Russia

Kobozeva E.V.[1], Nikonova D.E.[1], Dulepova N.A.[1], Shmakov N.A.[2]
[1] Central Siberian Botanical Garden of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia;
[2] Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

Species of the boreal group of the genus *Elymus* L. in Russia were studied with methods of biosystematics. Groups of morphologically similar species with common ranges were treated as models of separate microevolutionary complexes. It was shown that Kamchatka species *E. charkeviczii* Prob. s.l. grows in Magadan Region and includes morphotypes «charkeviczii s. str.», «subfibrosus» and «mutabilis». This species is isolated from continental biotypes of *E. subfibrosus* (Tzvelev) Tzvelev. *E. kamczadalorum* (Nevski) Tzvelev is the most genetically isolated species from both above. Biotypes of *E. kronokensis* (Komarov) Tzvelev being native for Kamchatka and Magadan Region have relatively high specificity. South Siberian populations of *E. kronokensis* (Komarov) Tzvelev and *E. sajanensis* (Nevski) Tzvelev in close locations contain reproductively compatible individuals. Between Siberian species *E. komarovii* (Nevski) Tzvelev and *E. transbaicalensis* (Nevski) Tzvelev active processes of hybridization and introgression take place. The species *E. margaritae* A.V. Agaf., Kobozeva et B. Salomon is reproductively isolated from closely related *E. komarovii*. The narrow-local endemics of the South-Eastern Ural *E. uralensis* (Nevski) Tzvelev and *E. viridiglumis* (Nevski) Czerep. show a possibility for crossing if grow together. Significant differences in ISSR patterns were revealed between the Ural (*E. uralensis* (Nevski) Tzvelev and *E. viridiglumis* (Nevski) Czerep) and the Siberian (*E. margaritae*, *E. komarovii* and *E. transbaicalensis*) groups of accessions studied. It becomes obvious that the taxonomic system of the genus *Elymus* does not reflect microevolutionary relationships of species. A modern phylogenetically oriented taxonomy of the genus needs to be established.

The reported study was funded by RFBR, project No. 16-34-00505.

Реконструкция филогении перистых ковылей группы родства *Stipa dasyphylla* (Lindem.) Czern. ex Trautv. (*Poaceae*)

Копылов-Гуськов Ю.О.
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия
yurez-kg@yandex.ru

Ранее нами было показано, что обитающие в европейской части России и в Крыму перистые ковыли (*Stipa* L., *Poaceae*) группы родства *S. dasyphylla* (Lindem.) Czern. ex Trautv. формируют достоверно различающиеся морфологические группы. Эти различия, однако, не во всех случаях подтвердились такими фрагментными молекулярно-генетическими методами, как микросателлитный (SSR) и межмикросателлитный (ISSR) анализы. Для более точного выявления родственных связей внутри группы требуется проанализировать последовательности нуклеотидов филогенетически значимых участков ДНК.

В качестве потенциально значимых последовательностей были выбраны два участка ядерной ДНК – интрон 1 гена халконсинтазы (CHS) и регион ITS1–ITS2 – и три участка хлоропластной ДНК – *trn*L-*trn*F, *psb*A-*trn*H и *ndh*C-*trn*V.

Анализируемая выборка включала 18 образцов из 4 видов группы родства *S. dasyphylla*: 4 образца *S. dasyphylla*; 4 образца *S. pontica* P.A. Smirn.; 4 образца *S. ucrainica* P.A. Smirn. и 6 образцов *S. zalesskii* Wilensky. Кроме того, в качестве внешней группы из фондов гербария Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (MW) были взяты по одному образцу двух видов рода *Stipa*, не относящихся к изучаемой группе родства, а именно *S. pennata* L. и *S. capillata* L., а также один образец *Achnatherum sibiricum* (L.) Keng ex Tzvelev.

Наши исследования показали, что интрон 1 гена CHS ядерной ДНК и последовательности хлоропластной ДНК *trn*L-*trn*F, *psb*A-*trn*H и *ndh*C-*trn*V не являются перспективными для реконструкции филогении ковылей. На основании же последовательностей ITS 1–2 ядерной ДНК построено neighbour-joining дерево, подтвердившее обособленность *S. dasyphylla*, неоднородность внутри *S. zalesskii*, крайне высокую степень близости *S. ucrainica* и *S. pontica*, а также поставившее под сомнение саму естественность группы родства *S. dasyphylla*.

Работа выполнена в рамках проекта РНФ № 14-50-00029.

Stipa dasyphylla (Lindem.) Czern. ex Trautv. (_Poaceae_) group: reconstructing phylogeny

Kopylov-Guskov Yu.O.
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Previously we have shown that pinnate feather grasses (*Stipa* L., *Poaceae*) of the *S. dasyphylla* (Lindem.) Czern. ex Trautv. group growing in the European part of Russia and in the Crimea form significantly different morphological groups. However, these differences haven't been confirmed in all cases by such fragment molecular genetic methods as simple sequence repeats (SSR) and inter-simple sequence repeats (ISSR) analyses. To reconstruct relationships within the group more accurately, it is required to analyze nucleotide sequences of phylogenetically significant DNA sites.

We have chosen two sites of nuclear DNA – intron 1 of the chalcone synthase (CHS) gene and the ITS1–ITS2 region – and three sites of chloroplast DNA – *trn*L-*trn*F, *psb*A-*trn*H and *ndh*C-*trn*V – as potentially significant sequences.

The sample included 18 specimens of 4 species of the *S. dasyphylla* group: 4 specimens of *S. dasyphylla*, 4 specimens of *S. pontica* P.A. Smirn., 4 specimens of *S. ucrainica* P.A. Smirn. and 6 specimens of *S. zalesskii* Wilensky. In addition, one specimen of each *S. pennata* L. and *S. capillata* L. (species of the genus *Stipa* not belonging to the studied group) and one specimen of *Achnatherum sibiricum* (L.) Keng ex Tzvelev. were taken from Lomonosov Moscow State University herbarium (MW) as an out-group.

Our research has shown that the intron 1 of the CHS gene of nuclear DNA and the sequences of chloroplast DNA sites *trn*L-*trn*F, *psb*A-*trn*H and *ndh*C-*trn*V are not promising for the reconstruction of feather grasses' phylogeny. On the basis of the ITS 1–2 region of nuclear DNA sequences, a neighbor-joining tree was built. It confirmed the isolation of *S. dasyphylla*, heterogeneity within *S. zalesskii*, an extremely high degree of proximity between *S. ucrainica* and *S. pontica* and also called into question the *S. dasyphylla* group to be natural.

The work is supported by the RSCF (project No. 14-50-00029).

Анализ изменчивости микросателлитных локусов хлоропластного генома видов _Aegilops_ L.

Лебедева М.В.[1], Трифонова А.А.[2], Чикида Н.Н.[3], Горюнова С.В.[2]
[1] Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград, Россия;
[2] Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, *Москва, Россия;*
[3] Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия
margaritalebedeva203@gmail.com, orang2@yandex.ru, n.chikida@mail.ru

Род *Aegilops* L. включает в себя виды, обладающие геномами различного уровня плоидности. На основании данных цитогенетического анализа у видов эгилопса выделяют семь основных типов генома: D, S, C, N, U, M и T. При этом до сих пор не существует однозначного взгляда на систематику и эволюцию данного рода.

Проведен анализ двухсот пятидесяти семи образцов всех двадцати четырех видов рода *Aegilops*. Для 17 проанализированных локусов выявлено от 3 до 23 аллелей, величина генного разнообразия H варьировала от 0.074 до 0.856, и составила в среднем 0.345. По различиям в длине аллелей выявлено 153 гаплотипа.

Проанализированные виды значительно различались по уровню внутривидовой изменчивости. На основании полученных результатов был проведен кластерный анализ. Образцы диплоидных видов *Aegilops* вошли в состав видоспецифичных кластеров. В ряде случаев в состав этих же кластеров вошли образцы близких полиплоидных видов.

Полиплоидные виды с U-геномом характеризовались значительным разнообразием гаплотипов. Гаплоитипы видов *A. kotschyi* Boiss. и *A. variabilis* Eig с US-геномом были близки к гаплотипам видов эгилопса с S-геномом. Несколько заметно различающихся гаплотипов выявлено для видов *A. ovata* L. (UM), *A. biuncialis* Vis. (UM), *A. columnaris* Zhuk. (UX). При этом некоторые гаплотипы были схожи с гаплотипами родительского диплоидного вида *A. umbellulata* Zhuk. (U-геном), другие же существенно отличались от гаплотипов всех прочих видов эгилопса.

Гаплотипы полиплоидных видов с D-геномом были менее разнообразны. Гаплотипы образцов *A. cylindrica* Host были близки гаплотипам *A. tauschii* Coss. Гаплотипы образцов *A. crassa* Boiss. (DX, DXD геном) и *A. vavilovii* (Zhuk.) Chennav. (DXS) и *A. juvenalis* (Thell.) Eig (DXU) были сходны между собой и заметно отличались от гаплотипов родительского вида *A. tauschii*. Гаплотипы образцов вида *A. ventricosa* Tausch (DN) также заметно отличались от гаплотипов *A. tauschii*.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 0112-2016-0004 «Исследование генома культурных растений и их сородичей применительно к генетической теории селекции».

Analysis of the variability of microsatellite loci of the chloroplast genome of _Aegilops_ L. species

Lebedeva M.V.[1], Trifonova A.A.[2], Chikida N.N.[3], Goryunova S.V.[2]
[1] Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia;
[2] Institute of General Genetics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia;
[3] Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Saint Petersburg, Russia

The genus *Aegilops* L. includes species possessing genomes of different levels of ploidy. Based on the data of cytogenetic analysis, seven main types of genome are distinguished in *Aegilops* species: D, S, C, N, U, M and T. At the same time, there is still no unambiguous view on systematics and evolution of this genus.

Two hundred fifty-seven samples of all twenty-four species of the genus *Aegilops* were analyzed. For 17 analyzed loci, from 3 to 23 alleles were detected, the gene diversity of H varied from 0.074 to 0.856, and averaged 0.345. By differences in the length of the alleles, 153 haplotypes were identified.

The analyzed species differed significantly in the level of intraspecies variability. Based on the results obtained, a cluster analysis was carried out. Samples of diploid species of *Aegilops* have become part of species-specific clusters. In a number of cases, the composition of the same clusters included samples of close polyploid species.

Polyploid species with the U-genome were characterized by a significant variety of haplotypes. Haplotypes of *A. kotschyi* Boiss. and *A. variabilis* Eig with the US genome were close to the haplotypes of the species of *Aegilops* with the S-genome. Several distinctly different haplotypes have been identified for species *A. ovata* L. (UM), *A. biuncialis* Vis. (UM), *A. columnaris* Zhuk. (UX). However, some haplotypes were similar to the haplotypes of the parent diploid species *A. umbellulata* Zhuk. (U-genome), while others differed significantly from the haplotypes of all other species of *Aegilops*.

The haplotypes of polyploid species with the D-genome were less diverse. Haplotypes of samples *A. cylindrical* Host were close to haplotypes of *A. tauschii* Coss. Haplotypes of samples *A. crassa* Boiss. (DX, DXD genome) and *A. vavilovii* (Zhuk.) Chennav. (DXS) and *A. juvenalis* (Thell.) Eig (DXU) were similar to each other and differed markedly from the haplotypes of the parent species *A. tauschii* as haplotypes *A. ventricosa* Tausch (DN).

The work was carried out within the framework of the State Task No. 0112-2016-0004 «Investigation of the genome of cultivated plants and their relatives with reference to the genetic theory of breeding».

Молекулярно-филогенетическое исследование алтайских представителей рода *Stipa* L. (*Poaceae*)

Матейкович П.А.[1], Носов Н.Н.[2], Гудкова П.Д.[3], Пунина Е.О.[2]
[1] Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;
[2] Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;
[3] Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия
sandhani@yandex.ru

Род *Stipa* L. содержит около 150 видов, включая редкие и экологически значимые виды. Высокая степень внутривидового полиморфизма, с одной стороны и малое количество значимых морфологических признаков с другой делает род *Stipa* предметом дискуссий многих поколений ботаников. Ядерные последовательности ДНК, такие, как широко применяемый в молекулярной систематике район ITS1–ген 5.8S рРНК–ITS2, у ковылей флоры России изучены недостаточно.

Мы секвенировали последовательности ITS1–ген 5.8S рРНК–ITS2 для 13 алтайских видов ковылей: *S. pulcherrima* K. Koch, *S. pennata* subsp. *sabulosa* (Pacz.) Tzvelev, *S. dazyphylla* (Lindem.) Czern. ex Trautv., *S. zalesskii* Wilensky, *S. orientalis* Trin. ex Ledeb., *S. glareosa* P.A. Smirn., *S. consanguinea* Trin. et Rupr., *S. krylovii* Roshev., *S. lessingiana* Trin. et Rupr., *S. praecapillata* Alechin, *S. korshinskyi* Roshev., *S. grandis* P.A. Smirn., *S. capillata* L. (всего 31 образец). Общая длина региона ITS1–ген 5.8S рРНК–ITS2 составила 596 п.н. Участок, кодирующий 5.8S рРНК, высоко консервативен и не содержит нуклеотидных замен. При анализе ITS были выявлены 20 сайтов вариабельности в ITS1, и 25 в ITS2, часть из них оказалась видоспецифична. Выявлены также локусы, вариабельные в пределах вида, и полиморфные сайты, свидетельствующие о неоднородности кластера последовательностей рибосомальных генов. Такие полиморфные сайты могут указывать на гибридогенное происхождение образца.

Работа выполнена на оборудовании ЦКП «Клеточные и молекулярные технологии изучения растений и грибов» БИН РАН (СПб); при поддержке Программы фундаментальных исследований РАН I.2.41 «Биоразнообразие природных систем и биологические ресурсы России», тема «Генетический полиморфизм родов и видов злаков и других дикорастущих покрытосеменных, выявляемый при сравнительном исследовании высокоизменчивых районов ядерного и хлоропластного геномов» № 0126-2018-0029; «Кариологическое и молекулярно-филогенетическое исследование дивергенции таксонов цветковых растений» № 01201255614, грант РФФИ № 16-34-60195.

Molecular phylogenetic study of the genus *Stipa* L. (Poaceae) in the Altai, Russia

Mateikovich P.A.[1], Nosov N.N.[2], Gudkova P.D.[3], Punina E.O.[2]
[1] St. Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia;
[2] Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia;
[3]Altai State University, Barnaul, Russia

The genus *Stipa* L. contains about 150 species. Some of them are rare and of ecological importance. The high degree of intraspecific polymorphism and the relatively small number of significant morphological features make *Stipa* a disputable subject for many generations of botanists. Nuclear DNA sequences, such as ITS1–5.8S rRNA gene–ITS2 which are widely applied as molecular markers have not been studied thoroughly for the feather grasses of Russia.

The ITS1–5.8S rRNA gene–ITS2 region was newly sequenced for 13 Altai *Stipa* species: *S. pulcherrima* K. Koch, *S. pennata* subsp. *sabulosa* (Pacz.) Tzvelev, *S. dazyphylla* (Lindem.) Czern. ex Trautv., *S. zalesskii* Wilensky, *S. orientalis* Trin. ex Ledeb., *S. glareosa* P.A. Smirn., *S. consanguinea* Trin. et Rupr., *S. krylovii* Roshev., *S. lessingiana* Trin. et Rupr., *S. praecapillata* Alechin, *S. korshinskyi* Roshev., *S. grandis* P.A. Smirn., and *S. capillata* L.

(total 31 samples). The full length of the ITS1–5.8S rRNA gene–ITS2 region is 596 bp. The 5.8S rRNA encoding region is highly conserved and does not contain any base changes. While analyzing ITS, 20 variable sites in ITS1 and 25 in ITS2 were identified, some of them revealed to be species-specific. Loci variable within the species and polymorphic sites indicating the heterogeneity of the sequence cluster of ribosomal genes have also been revealed. Such polymorphic sites may indicate the hybridogenic origin of the sample.

The research was carried out using equipment of CFC «Cell and Molecular Technologies in Plant Science» of BIN RAS; with the support of the Fundamental Research Program of the RAS I.2.41 «Biodiversity of natural systems and biological resources of Russia», the theme «Genetic polymorphism of genera and species of cereals and other wild angiosperms revealed in a comparative study of highly variable regions of nuclear and chloroplast genomes» No. 0126-2018-0029; «Karyological and molecular phylogenetic study of the divergence of flowering plant taxa» No. 01201255614, the RFBR grant No. 16-34-60195.

Хлоропластный геном *Melandrium album* (Mill.) Garcke (Caryophyllaceae)

Михайлова Ю.В.[1], Шувалова А.Р.[2]
[1] Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;
[2] Санкт-Петербургский Государственный Университет, Санкт-Петербург, Россия
ymikhaylova@binran.ru

Триба *Sileneae* знаменита своей сложностью с точки зрения систематики. Родовой состав трибы неоднократно пересматривался. Род *Melandrium* Roehl. является одним из спорных и включается рядом систематиков в состав рода *Silene* L. (*Silene* в обработках Chowdhuri, 1957 и Oxelman *et al*., 2001; *Melandrium* в обработках Цвелёва, 2001 и Лазькова, 2006). Мы исследовали вид *Melandrium album* (Mill.) Garcke, близкий к *M. latifolium* (Poir.) Maire. Зачастую *M. album* рассматривают как синоним *Silene latifolia* Poir., иногда выделяя в подвид *S. latifolia* subsp. *alba* (Mill.) Greuter et Burdet.

Для исследования из собранного в Санкт-Петербурге свежего растительного материала были получены препараты ДНК, обогащённые фракцией ДНК органелл, преимущественно хлоропластов. Подготовка библиотеки и секвенирование парноконцевых прочтений была проведена в Научном парке СПбГУ («Центр Биобанк») на платформе Illumina MiSeq. После контроля качества парноконцевые риды (2.3 млн п.н.) были объединены и предварительно собраны в контиги утилитами BBMap (Bushnell, 2015), после чего был собран скаффолд с помощью ресурса MeDuSa (Bosi *et al*., 2015). В качестве референса были использованы семь хлоропластных геномов гвоздичных доступных в GenBank. Для аннотации использовали ресурс Chlorobox GeSeq (Tilich *et al*., 2017). На полученный скаффолд с помощью Bowtie2 (Langmead, Salzberg, 2013) были выровнены риды для оценки глубины прочтения. В результате был получен *de novo* черновой геном *M. album.* Мы сравнили его с хлоропластным геномом ближайшего вида *M. latifolium,* который был расшифрован ранее (под названием *S. latifolia* – Sloan *et al*., 2012).

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ №16-34-01024/17 мол_а.

The chloroplast genome of *Melandrium album* (Mill.) Garcke (Caryophyllaceae)

Mikhaylova Y.V.[1], Shuvalova A.R.[2]
[1] Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia;
[2] St. Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

The tribe *Sileneae* is well known for its taxonomic complexity. Different generic classifications were proposed. The genus *Melandrium* Roehl. is one of the controversial taxa and is included in the genus *Silene* L. by a number of systematics (treated as *Silene* in Chowdhuri, 1957 and Oxelman *et al*., 2001, as *Melandrium* – in Tzvelev, 2001 and Lazkov, 2006). The species *Melandrium album* (Mill.) Garcke investigated here is closely related with *M. latifolium* (Poir.) Maire. *M. album* also treated as a synonym of *Silene latifolia* (Poir.) or a subspecies *S. latifolia* subsp. *alba* (Mill.) Greuter et Burdet.

Fresh plant material was collected in St. Petersburg. Isolated DNA was enriched by a fraction of organelle DNA, mainly from chloroplasts. Library preparation and pair-end sequencing performed on Illumina MiSeq platform at the SPbU Research Park («Biobank»»). After quality check pair-end reads (2.3 mln bp) were merged and preliminary assembled by BBMap utilities (Bushnell, 2015). Contigs were joined in a scaffold by MeDuSa (Bosi *et al*., 2015). Seven complete plastid genomes from *Caryophyllaceae* species available in GenBank were used as references. Chlorobox GeSeq (Tilich *et al*., 2017) was used for gene annotation. For a coverage calculation reads were aligned by Bowtie2 (Langmead, Salzberg, 2013) on the scaffold. Finally we get the de novo draft chloroplast genome from *M. album.* We compare it with a published chloroplast genome of closely related species *M. latifolium* (published as *S. latifolia* – Sloan *et al*., 2012).

This study was supported by the RBRF project 16-34-01024/17.

Молекулярно-цитогенетическая характеристика полиплоидных растений хмеля японского (*Humulus japonicus* Siebold et Zucc.) с целью получения знаний о механизме детерминации пола

Разумова О.В.[1,2], Боне К.Д.[1], Александров О.С.[1,2], Карлов Г.И.[2]
[1] Российский Государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия;
[2] Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии, Москва, Россия
razumovao@gmail.com

Хмель японский (*Humulus japonicus* Siebold et Zucc.) – однолетняя травянистая лиана семейства *Cannabaceae*. В диком виде произрастает в умеренных областях юго-восточной Азии и на Дальнем Востоке в России. Искусственно завезен и широко распространился в Северной Америке. Это строго двудомный вид. В кариотипе мужских растений 17 хромосом (14 аутосом и 3 половых хромосомы – XY1Y2), в кариотипе женских – 16 (14 аутосом и 2 X хромосомы). Механизм детерминации пола у *H. japonicus* неизвестен. Не ясно, играют ли половые хромосомы активную роль, как у *Silene* L.или же пол определяется соотношением аутосом к X-хромосомам, как у дрозофилы.

Для выяснения этого в нашей лаборатории были получены полиплоидные растения *H. japonicus*, с различным уровнем плоидности (триплоидные и тетраплоидные) и различным хромосомным составом. Пол растений определялся фенотипически. Помимо мужских и женских растений, были выявлены также однодомные формы и женские растения с единичными мужскими цветками. Хромосомный состав определяли с использованием флуоресцентной и геномной гибридизации *in situ*. В качестве пробы для GISH брали геномную ДНК диплоидного мужского растения *H. japonicus*, для FISH – меченый субтеломерный повтор. Такое сочетание меток позволяет надежно идентифицировать половые хромосомы. Были составлены кариотипы полиплоидных растений, подсчитано соотношение X-хромосом к аутосомам. По предварительным данным подтверждается балансовый механизм детерминации пола.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, договор № 16-34-00757\17 от 11 мая 2017 г.

Molecular-cytogenetic characteristics of polyploid plants of japanese hop (*Humulus japonicus* Siebold et Zucc.) with focus on gaining knowledge about sex determination mechanism

Razumova O.V.[1, 2], Bone K.D.[1], Alexandrov O.S. [1,2], Karlov G.I.[2]
[1] Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow, Russia;
[2] All-Russian Scientific Research Institute of Agricultural Biotechnology, Moscow, Russia

Japanese hop (*Humulus japonicus* Siebold et Zucc) is the annual herbaceous liana of the Cannabaceae family. It grows wild in the temperate regions of Southeast Asia and the Far East in Russia. It was artificially imported and widely distributed in North America. This is strictly a dioecious species. In the karyotype of male plants there are 17 chromosomes (14 autosomes and 3 sex chromosomes – XY1Y2), in the karyotype of female plants – 16 chromosomes (14 autosomes and 2 X chromosomes). The mechanism of sex determination in *H. japonicus* is unknown. It is not clear whether the sex chromosomes play an active role, as in *Silene* L., or whether sex is determined by the ratio of autosomes to X chromosomes, as in *Drosophila* Fallen.

To clarify this, polyploid plants of *H. japonicus* with different levels of ploidy (triploid and tetraploid) and different chromosome composition were obtained in our laboratory. The sex of plants was determined phenotypically. In addition to male and female plants, monoecious forms and female plants with single male flowers were also identified. The chromosomal composition was determined using fluorescent and genomic in situ hybridization. As a sample for GISH, genomic DNA of a diploid male plant of *H. japonicus* was taken, for the FISH – labeled subtelomeric repeat. This combination of labels makes it possible to identify sex chromosomes reliably. Karyotypes of polyploid plants were compiled; the ratio of X chromosomes to autosomes was calculated. According to preliminary data, the balance mechanism of sex determination is confirmed.

The work was supported by the Russian Foundation for Basic Research No. 16-34-00757\17 dated May 11, 2017.

Разнообразие ксероморфных мятликов (*Poa* L., *Poaceae*) секции *Stenopoa* Dumort. на территории Алтая

Селезнёва А.Е.
Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия
alexandra_seleznyova@mail.ru

В секции *Stenopoa* Dumort. (*Poa* L., *Poaceae*) на морфологическом уровне хорошо прослеживаются четыре эволюционно-морфологические группы, отражающие различные стадии ксероморфогенеза. Маркером этих групп является положение верхнего узла. Особый интерес представляют наиболее эволюционно продвинутые, крайне ксероморфные виды, относящиеся к IV группе. Основными дискриминаторами мятликов этой группы являются такие бинарные признаки, как характер поверхности каллуса нижней цветковой чешуи, характер поверхности оси колоска, характер поверхности между жилками нижней цветковой чешуи.

Исследование алтайских мятликов, относящихся к IV группе, выявило наличие 6 различных сочетаний состояний этих признаков (морфотипов), причем 2 из них не подпадают ни под один известный вид. Исследование частот встречаемости этих признаков в алтайских популяциях показало, что из 23 популяций только в двух все

вышеуказанные признаки оставались константными. Другими словами, где все исследованные особи по морфологическим признакам формально могли быть отнесены к одному виду. Это свидетельствует о высокой морфологической разнородности исследуемого материала. Такое высокое морфологическое разнообразие позволило сделать предположение о наличии разнообразия и на генетическом уровне.

Скрининг генетического разнообразия (ISSR) алтайских образцов также позволяет предполагать их высокое разнообразие на генетическом уровне.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-04-01605 А.

Diversity of xeromorphic bluegrasses (*Poa* L., *Poaceae*) of the section *Stenopoa* Dumort.in the Altai

Seleznyova A.E.
National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

Four evolutionary-morphological groups reflecting different stages of xeromorphogenesis are well recognized in the section *Stenopoa* Dumort. (*Poa* L., *Poaceae*) at the morphological level. The distinctive morphological feature of these groups is the position of the upper node. The IV group consisting of the most evolutionarily advanced and extremely xeromorphic species is of the great interest. The main qualitative features of the bluegrasses of this group are such binary features as the lemma callus surface, the surface of rachilla, and the surface of lemma between the veins.

The study of Altai bluegrasses belonging to group IV revealed the presence of 6 different combinations of these features (morphotypes), 2 of which do not belong to any known species. The investigation of the feature frequency in Altai populations showed that only in 2 out of 23 populations all the above mentioned characteristics remained constant. In other words, individuals in these two populations can be attributed according to their morphological features to one species. This indicates a high morphological heterogeneity of the study group. Such a high morphological diversity made it possible to make a hypothesis about the presence of high diversity at the genetic level.

The screening of genetic diversity of Altai samples using ISSR algorithm also suggests their high diversity at the genetic level.

The study was carried out with the financial support of the Russian Foundation for Fundamental Research in the framework of the scientific project № 16-04-01605 A.

Эволюция последовательности гена крахмал-фосфорилазы *PHO1a*у семейства Solanaceae

Слугина М.А., Щенникова А.В.
Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН, Москва, Россия
mashinmail@mail.ru

Крахмал-фосфорилазы – древнейшие гены, присутствующие в геномах растений, животных и прокариот, и играющие важную роль в метаболизме крахмала. Целью работы стало исследование эволюции нуклеотидных последовательностей генов крахмал-фосфорилазы у видов семейства Solanaceae и других двудольных растений (Asterids, Rosids). Проведен *in silico* анализ генов-гомологов крахмал-фосфорилазы, и показано наличие 2 форм: цитозольная (H) и пластидная (L). При этом у представителей *Solanaceae* выявлены две пластидные формы (L1, L2), возникшие в результате дупликаций.

Наибольший интерес у видов Solanaceae представляет форма L1, кодируемая геном *PHO1a,* так как она связана с накоплением крахмала в плодах и клубнях и с холодоустойчивостью. Показаны значительные различия в длине интрона V в связи с наличием у некоторых видов мобильного элемента длиной в 5000 п.н. Предложена возможная эволюция интрона V у видов Solanaceae.

У 25 представителей Solanaceae разных подсемейств и родов выявлены полные кодирующие последовательности гена *PHO1a.* Определена и охарактеризована вариабельность последовательностей кДНК генов *PHO1a* и кодируемых ими белков. Проведен филогенетический анализ с использованием известных и новых последовательностей генов-гомологов *PHO1a* Solanaceae. Полученная дендрограмма в целом совпадала с общепринятым разделением на рода и секции, за исключением разделения на виды внутри секции *Lycopersicon* (Mill.) Wettst., включающей дикорастущие и культивируемые виды томата. Для уточнения филогении, у 10ти видов томата были идентифицированы полноразмерные последовательности *PHO1a* (8029–8351 п.н.). Кластеризация внутри группы томатов, основанная как на кДНК/белках, так и на полногеномных последовательностях, не совпадает с филогенетическими данными, полученными методами моно-и мультилокусного анализа. Особенности кластеризации обсуждаются.

Работа выполнена за счет гранта РФФИ №17-29-08017и КПНИ «Развитие селекции и семеноводства картофеля».

Evolution of starch phosphorylase PHO1a gene in Solanaceae

Slugina M.A., Shchennikova A.V.
Federal Research Centre “Fundamentals of Biotechnology” of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Starch phosphorylase represents an ancient gene family that was identified in plant, animal and prokaryotes genomes. These genes play one of the key roles in starch metabolism. The present study was focused on the starch

phosphorylase genes evolution in Solanaceae and other dicotyledon plants (Asterids, Rosids). *In silico* analysis of homologous starch phosphorylase genes in plants revealed two enzyme forms: cytosolic (H) and plastidic (L). By doing so, in Solanaceae, two plastidic homologs (L1, L2) were identified that presumably occurred as a result of a duplication event.

PHO1a encoding L1 plastid form is the most interesting Solanaceae starch phosphorylase gene due to its role in fruit- and tuber-specific starch accumulation and in cold stress resistance. It was shown that the *PHO1a* intron V length significantly differs among Solanaceae species due to the presence of the mobile element with the length 5000 b.p., and the evolutionary history of Solanaceae intron V was proposed.

In 25 Solanaceae species of different subfamilies and genera, the *PHO1a* complete coding sequences were identified. The variability of *PHO1a* nucleotide and encoded aminoacid sequences was characterized. The phylogenetic tree based on known and novel Solanaceae *PHO1a*-like gene sequences coincided with the common *Solanaceae* phylogeny except for tomato species (*Solanum* sect. *Lycopersicon* (Mill.) Wettst.). To clarify tomato species relationships, full-length *PHO1a* homologs (8029–8351 bp) of 10 tomato species were identified and analyzed. Clustering of tomato species based on both cDNA / proteins and full-genomic sequences did not match previously reported phylogenetic data derived from mono- and multi-locus genome analysis. The clustering pattern is discussed.

The work was supported by RFBR grant No. 17-29-08017 and FASO Russia CPSR «Potato breeding and seed production».

Молекулярно-филогенетические исследования папоротников семейства Cystopteridaceae

Улько Д.О., Гуреева И.И., Феоктистов Д.С.
Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия
ulko.den@gmail.com, gureyeva@yandex.ru, feoktistovdmitriy@gmail.com

Семейство Cystopteridaceae включает около 40 видов, относящихся к 4–6 родам. На территории Сибири оно представлено 3 родами – *Gymnocarpium* Newman (5 видов), *Cystopteris* Bernh. (6 видов), *Rhizomatopteris* A.P. Khokhr. (1 вид).

В 2012–2013 гг. американскими учеными (Rothfels *et al*., 2012, 2013) были опубликованы результаты молекулярно-филогенетического исследования папоротников семейства Cystopteridaceae по нескольким маркерам хлоропластной ДНК (*rbc*L, *mat*K, *trn*G-R). В анализ были включены все представители семейства, кроме тех, которые были описаны с территории бывшего СССР и России; образцы широко распространенных видов с территории России также не были вовлечены в исследование.

Задачей настоящего исследования было включение в анализ видов, описанных советскими и российскими авторами, и выявление их топологии в общем филогенетическом древе, построенном на основе данных о последовательностях гена *mat*K хлоропластной ДНК. Секвенирование этого гена было проведено впервые для видов *Cystopteris altajensis* Gureeva, *C. gureevae* Stepanov, *Gymnocarpium continentale* (Petrov) Pojark. и образцов широко распространенных видов с территории Сибири. По полученным данным построена предварительная филограмма, которая показывает четкое разделение на 2 большие клады, каждая из которых представляет род (*Gymnocarpium* и *Cystopteris*). Оба рода являются монофилетичными. В кладе *Gymnocarpium* с поддержкой 100% отделяется *G. robertianum* (Hoffm.) Newman, который является сестринским к остальным таксонам рода. Клада, включающая нежелезистый *G. dryopteris* (L.) Newman, по локусу *mat*K имеет низкую поддержку, т.е. не отделяется от видов с железистым опушением, что согласуется с данными по этому локусу, представленными C. Rothfels с соавторами (2013).

В кладе *Cystopteris* выделяются 2 субклады, в одну из которых входят 2 вида – *C. montana* (Lam.) Desv. (*Rhizomatopteris montana* (Lam.) A.P. Khokhr.) и *C. sudetica* A. Braun et Milde, причем в этой субкладе образец *C. montana* является сестринским по отношению к *C. sudetica*, что также подтверждает данные C. Rothfels с соавторами (2013) и еще раз свидетельствует в пользу правильности выделения *C. montana* в отдельный род *Rhizomatopteris*, который был описан еще в 1985 г. А.П. Хохряковым. Во вторую субкладу объединились виды, представляющие *C. fragilis*-комплекс. В этой субкладе с поддержкой 100% отделился описанный И.И. Гуреевой (1985) вид *C. altajensis*, в то время как все остальные виды, включая описанный недавно Н.В. Степановым (2015) с Западного Саяна *C. gureevae* и североамериканский *C. diaphana* (Bory) Blasdell объединились в одну группу.

Для более обоснованных выводов необходимо включение большего числа видов, в том числе пока не включенных в анализ *Gymnocarpium fedtschenkoanum* Pojark., *G. tenuipes* Pojark. ex Schmakov, *Cystopteris almaatensis* Kotukhov и *C. dickieana* R. Sim из классического местонахождения в Шотландии.

Исследования поддержаны грантом РФФИ № 16-04-00513.

Molecular-phylogenetic studies of Cystopteridaceae family ferns

Ulko D.O., Gureyeva I.I., Feoktistov D.S.
National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

The family Cystopteridaceae includes about 40 species belonging to 4–6 genera. In the territory of Siberia, it is represented by 3 genera – *Gymnocarpium* Newman (5 species), *Cystopteris* Bernh. (6 species), *Rhizomatopteris* A.P. Khokhr. (1 species).

In 2012–2013 American scientists (Rothfels *et al*., 2012, 2013) published the results of a molecular-phylogenetic study of ferns of the family Cystopteridaceae based on several markers of chloroplast DNA (*rbc*L, *mat*K, *trn*G-R). All family members were included in the analysis, except those described from the territory of the former USSR and Russia; samples of widely distributed species from the territory of Russia were also not involved in the study.

The goal of this study is to include in the analysis the species described by Soviet and Russian authors and to reveal their topology in a common phylogenetic tree based on data of the sequences of the *mat*K gene of chloroplast DNA. This gene sequencing of was carried out for the first time for the species *Cystopteris altajensis* Gureeva, *C. gureevae* Stepanov, *Gymnocarpium continentale* (Petrov) Pojark. as well as for some species widely distributed in the territory of Siberia. Preliminary phylogram was constructed according to the obtained data. It shows a clear division into two large clades, one of which represents genus *Gymnocarpium* and other – *Cystopteris*. Both genera are monophyletic. *Gymnocarpium robertianum* (Hoffm.) Newman, being sister to the other taxa of the genus, is separated in the *Gymnocarpium* clade with the support of 100 %. The clade including non-glandular *G. dryopteris* (L.) Newman has low support according to the information of the *mat*K locus, i.e. is not separated from the species with glandular hairs which agrees with the data on this locus presented by C. Rothfels *et al*. (2013).

Two groups are distinguished in the *Cystopteris* clade. One of these includes two species – *C. montana* (Lam.) Desv. (*Rhizomatopteris montana* (Lam.) A.P. Khokhr.) and *C. sudetica* A. Braun et Milde, and in this subclass the *C. montana* appears to be sister to *C. sudetica* which also confirms the data of C. Rothfels *et al*. (2013) and again demonstrates the correctness of *C. montana* being in a separate genus *Rhizomatopteris* which was described back in 1985 by Khokhryakov. The species representing the *C. fragilis*-complex were combined in the second clade. *C. altajensis* described by I.I. Gureeva (1985) has the support of 100 % in this subclass. While all other species, including *C. gureevae*, recently described by N.V. Stepanov (2015) from the West Sayan, and North American *C. diaphana* (Bory) Blasdell form a common group.

For more substantiated conclusions, more species should be included in the research. In particular, species of *Gymnocarpium* which were not included yet: *G. fedtschenkoanum* Pojark., *G. tenuipes* Pojark. ex Schmakov, *Cystopteris almaatensis* Kotukhov, and *C. dickieana* R. Sim from the original location in Scotland.

The research is supported by the RFBR grant No. 16-04-00513.

Опыт изучения некодирующих участков хлоропластной ДНК у видов секции *Crataegus* рода *Crataegus* L.

Уфимов Р.А.[1], Гнутиков А.А.[2]
[1] Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;
[2] Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия
r.ufimov@binran.ru

Род *Crataegus* L. является одним из самых крупных и таксономически трудных в семействе розоцветные (*Rosaceae*). На данный момент более или менее четко прояснилось общее деление рода на крупные внутриродовые таксоны, чего нельзя сказать о видовом уровне. В основу современных представлений о филогении боярышников легли работы канадских ботаников. Во многих их исследованиях был сделан упор на хлоропластные участки, так как обычные среди боярышников гибридизация и полиплоидия мешают интерпретировать данные по ядерной ДНК. Однако, использовав 14 участков хлоропластной ДНК, им удалось разграничить лишь ряды в получившей наибольшее внимание североамериканской секции *Douglasia* Loudon. Секция *Crataegus*– самая крупная среди боярышников Евразии – была представлена лишь единичными видами.

Нашей задачей было получить последовательности тех же хлоропластных участков, что использовались в работах канадских исследователей, для видов секции *Crataegus* для того, чтобы оценить их применимость в этой группе боярышников. Ни один из 7 исследованных хлоропластных спейсеров (*trn*L-*trn*F, *rpl*20-*rps*12, *trn*H-*psb*A, *rpl*2-*trn*H, *atp*B-*rbc*L, *atp*F-*atp*H, *trn*G-*trn*S) не дал существенного разрешения. Тем не менее, нам удалось разделить изученные виды на 2 условные группы: (1) *C. monogyna* Jacq. вместе с другими, вероятно, родственными ему видами, и (2) все остальные виды. Подобная картина без сомнения говорит о недавнем происхождении видов секции *Crataegus*, в которой, по-видимому, и по сей день идут активные процессы видообразования. Решением этой проблемы может стать поиск новых маркеров путем сравнения хлоропластных геномов разных представителей рода и выявления вариабельных участков.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 18-04-01040, 17-00-00340, 17-00-00336, 17-00-00338, а также в рамках Государственных заданий №0126-2014-0028 «Кариологическое и молекулярно-филогенетическое исследование дивергенции таксонов цветковых растений» и № 0126-2018-0014 «Флора внетропической Евразии».

Experience of studying non-coding cpDNA regions of genus *Crataegus* L. sect. *Crataegus*

Ufimov R.A.[1], Gnutikov A.A.[2]
[1] Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia;
[2] Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Saint Petersburg, Russia

The Genus *Crataegus* L. is one of the biggest and taxonomically complex in the rose family (*Rosaceae*). To date, the division of the genus into subgenera and sections is more or less clear, which is not true for species level. Studies of a group of Canadian botanists formed the basis of modern knowledge about the phylogeny of *Crataegus*. In their work, the Canadian researchers paid much attention to chloroplast loci since nuclear loci are often ambiguously interpreted in genera,

such as *Crataegus*, where hybridization and polyploidy is common. However, data on 14 chloroplast loci provided good resolution at only series level in the Northwest American section *Douglasia* Loudon which gained most attention. The section *Crataegus* – the biggest in Eurasia – was represented by very few species.

Our task was to obtain data on the same chloroplast loci as used in the works of the Canadian researchers for a number of species of the section *Crataegus* to evaluate the applicability of these loci in this group of hawthorns. None of 7 studied chloroplast spacers (*trn*L-*trn*F, *rpl*20-*rps*12, *trn*H-*psb*A, *rpl*2-*trn*H, *atp*B-*rbc*L, *atp*F-*atp*H, *trn*G-*trn*S) gave enough resolution. Nevertheless, we managed to divide the section *Crataegus* into two groups: (1) *C. monogyna* Jacq. together with species presumably related to it and (2) all the rest. This undoubtedly indicates a recent origin of species of the section *Crataegus* and ongoing speciation in it. This problem can be solved by comparing plastid genomes of multiple hawthorns and searching for new variable markers.

The work was supported by the RFBR grants No. 18-04-01040, 17-00-00340, 17-00-00336, 17-00-00338 and done within the framework of the State Task No. 0126-2014-0028 «Karyological and molecular-phylogenetic investigation of the flowering plant taxa divergence» and No. 0126-2018-0014 «Flora of extratropical Eurasia».

О межвидовом гибриде *Ophrys apifera* Huds. × *O. oestrifera* M. Bieb. (*Orchidaceae*), найденном в Крыму

Фатерыга А.В., Фатерыга В.В.
Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского – природный заповедник РАН, Феодосия, Россия
fater_84@list.ru, valentina_vt@mail.ru

В мае 2016 г. мы обнаружили в окрестностях Феодосии (гора Тепеоба) в Крыму несколько растений *Ophrys apifera* Huds. × *O. oestrifera* M. Bieb. Формально гибрид между этими видами является неописанным. С другой стороны, *O.* × *skopelii* Renz был описан как гибрид между *O. apifera* и *O. cornuta* Steven, а *O. cornuta* обычно рассматривается как синоним *O. oestrifera*. Однако позднее было показано, что голотип *O.* × *skopelii* идентичен *O.* × *vetula* Risso (*O. fuciflora* (F.W. Schmidt) Moench × *O. scolopax* Cav.). Таким образом, название *O.* × *skopelii* не подходит для обнаруженного нами гибрида. Кроме того, согласно «World Checklist of Selected Plant Families», *O. oestrifera* – синоним вида *O. apifera*, в то время как вид, понимаемый под названием *O. oestrifera* большинством авторов, приводится в этой базе данных как *O. scolopax* subsp. *cornuta* (Steven) E.G. Camus. На самом деле, *O. oestrifera* не является синонимом *O. apifera*, а принадлежит к группе *O. scolopax*. Растения близкие к крымским *O. oestrifera*, но имеющие более мелкий придаток губы, были описаны из Кавказа как *O. cornuta*, а затем как *O. oestrifera* subsp. *abchasica* Kümpel. Растения, сходные с ними, но имеющие короткие «рога» были также описаны из Кавказа как *O. bremifera* Steven. Гибрид *O. apifera* × *O. oestrifera* subsp. *abchasica* был описан как *O.* × *vallis-costae* Kümpel, а гибрид *O. apifera* × *O. oestrifera* subsp. *bremifera* был позже описан как *O.* × *skopelii* nothosubsp. *markiana* B. Baumann, H. Baumann, R. Lorenz et Ruedi Peter. Таким образом, название *O.* × *vallis-costae* может быть использовано для всех гибридов между *O. apifera* и *O. oestrifera* (с nothosubsp. *markiana*, а также с неописанным нотоподвидом из Крыма). Однако дифференциация *O. oestrifera* на три подвида является нечеткой, и по этой причине мы не признаем их самостоятельность. Таким путем, гибрид *O. apifera* × *O. oestrifera* может быть назван «*O.* × *vallis-costae*» без каких-либо инфравидовых эпитетов.

On the interspecific hybrid of *Ophrys apifera* Huds. × *O. oestrifera* M. Bieb. (*Orchidaceae*) discovered in the Crimea

Fateryga A.V., Fateryga V.V.
Vyazemsky Karadag Scientific Station – Nature Reserve of the Russian Academy of Sciences, Feodosiya, Russia

In May 2016, we found several plants *Ophrys apifera* Huds. × *O. oestrifera* M. Bieb. in the vicinity of Feodosiya (Mt. Tepeoba) in the Crimea. Formally, the hybrid between these species was not previously described. On the other hand, *O.* × *skopelii* Renz was described as the hybrid between *O. apifera* and *O. cornuta* Steven, and *O. cornuta* is usually treated as the synonym for *O. oestrifera*. However, the holotype of *O.* × *skopelii* was later proved to be conspecific with *O.* × *vetula* Risso (*O. fuciflora* (F.W. Schmidt) Moench × *O. scolopax* Cav.). Thus, the name *O.* × *skopelii* is incorrect for the discovered hybrid. Furthermore, according to the «World Checklist of Selected Plant Families» *O. oestrifera* is the synonym for *O. apifera* while the species treated as *O. oestrifera* by most authors is treated there as *O. scolopax* subsp. *cornuta* (Steven) E.G. Camus. Actually, *O. oestrifera* is not the synonym for *O. apifera* but belongs to the group of *O. scolopax*. Plants closely related to the Crimean *O. oestrifera* but having smaller appendix of the lip were described from the Caucasus as *O. cornuta* and then as *O. oestrifera* subsp. *abchasica* Kümpel. Plants similar to them but with short «horns» of the lip were also described from the Caucasus as *O. bremifera* Steven. The hybrid of *O. apifera* × *O. oestrifera* subsp. *abchasica* was described as *O.* × *vallis-costae* Kümpel and the hybrid of *O. apifera* × *O. oestrifera* subsp. *bremifera* was later described as *O.* × *skopelii* nothosubsp. *markiana* B. Baumann, H. Baumann, R. Lorenz et Ruedi Peter. Thus, the name *O.* × *vallis-costae* could be used for all hybrids between *O. apifera* and *O. oestrifera* (with nothosubsp. *markiana* as well as the undescribed nothosubspecies from the Crimea). However, division of *O. oestrifera* into three subspecies is indistinct and therefore we do not accept them. Thus, the hybrid of *O. apifera* × *O. oestrifera* could be named «*O.* × *vallis-costae*» without any infraspecific epithets.

О роде *Epipactis* Zinn (Orchidaceae) на Северном Кавказе

Фатерыга В.В.[1], Попович А.В.[2], Фатерыга А.В.[1]
[1] Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского – природный заповедник РАН, Феодосия, Россия;
[2] Московский государственный областной университет, Москва, Россия
valentina_vt@mail.ru, fater_84@list.ru, popovitch.antonio220386@yandex.ru

На территории Северного Кавказа (Российской части Кавказа) ранее было известно шесть таксонов рода *Epipactis* Zinn: *E. condensata* Boiss. ex D.P. Young subsp. *condensata*, *E. condensata* subsp. *kuenkeleana* (Akhalk., H. Baumann, R. Lorenz et Mosul.) Kreutz, Fateryga et Efimov, *E. helleborine* (L.) Crantz s.l., *E. microphylla* (Ehrh.) Sw., *E. palustris* (L.) Crantz и *E. pontica* Taubenheim (Fateryga *et al*., 2014). Дополнительный подвид *E. helleborine* subsp. *transcaucasica* A.P. Khokhr. был также указан для данной территории (Хохряков, 1991). Мы исследовали растения *E. condensata* subsp. *kuenkeleana* и пришли к выводу, что данный таксон, скорее всего, является синонимом *E. condensata* s.str. Далее мы исследовали типовой материал по *E. helleborine* subsp. *transcaucasica* в MW и выяснили, что этот таксон идентичен *E. persica* (Soó) Hausskn. ex Nannf., который ранее также не был формально указан для Северного Кавказа. Дополнительные находки *E. persica* были сделаны в Краснодарском крае и Карачаево-Черкесской Республике. Кроме того, новый вид рода *Epipactis* был обнаружен в Краснодарском крае в 2017 г. Новый вид близок к *E. persica*, от которого он отличается примечательно длинной цветоножкой, отчетливо более длинным эпихилием и слабо различимым либо отсутствующим прилипальцем. Наконец, еще три вида должны быть добавлены на основании наших находок: *E. krymmontana* Kreutz, Fateryga et Efimov, *E. leptochila* (Godfery) Godfery s.l. и *E. muelleri* Godfery. Таким образом, десять видов рода *Epipactis* известны в настоящее время на Северном Кавказе. В то же время, большая часть данного региона за пределами Краснодарского края остается не изученной достаточным образом. Следовательно, находки других видов рода на Северном Кавказе являются по-прежнему ожидаемыми.

On the genus *Epipactis* Zinn (Orchidaceae) in the North Caucasus

Fateryga V.V.[1], Popovich A.V.[2], Fateryga A.V.[1]
[1] Vyazemsky Karadag Scientific Station – Nature Reserve of the Russian Academy of Sciences, Feodosiya, Russia;
[2] Moscow Region State University, Moscow, Russia

The genus *Epipactis* Zinn was previously known in the North Caucasus (the Russian Caucasus) by six taxa: *E. condensata* Boiss. ex D.P. Young subsp. *condensata*, *E. condensata* subsp. *kuenkeleana* (Akhalk., H. Baumann, R. Lorenz et Mosul.) Kreutz, Fateryga et Efimov, *E. helleborine* (L.) Crantz s.l., *E. microphylla* (Ehrh.) Sw., *E. palustris* (L.) Crantz, and *E. pontica* Taubenheim (Fateryga *et al*., 2014). Additional subspecies, *E. helleborine* subsp. *transcaucasica* A.P. Khokhr., was also reported for this territory (Khokhrjakov, 1991). We studied plants *E. condensata* subsp. *kuenkeleana* and found that this taxon is probably a synonym for *E. condensata* s.str. Then, we studied the type material of *E. helleborine* subsp. *transcaucasica* in MW and discovered that it is conspecific with *E. persica* (Soó) Hausskn. ex Nannf. which has not been formally reported for the North Caucasus yet. Additional localities of *E. persica* were also found in the Krasnodar Territory and the Republic of Karachay-Cherkessia. Furthermore, a new species of *Epipactis* was discovered in the Krasnodar Territory in 2017. The new species is closely related to *E. persica* from which it differs by its remarkably long pedicel, distinctly longer epichile, and indistinct or absent viscidium. Finally, three other species must be added according to our field records: *E. krymmontana* Kreutz, Fateryga et Efimov, *E. leptochila* (Godfery) Godfery s.l., and *E. muelleri* Godfery. Thus, ten species of the genus *Epipactis* are currently known in the North Caucasus. At the same time, the biggest part of this region outside of the Krasnodar Territory remains insufficiently studied. Therefore, further records of other species are still expected in the North Caucasus.

Филогения аллополиплоидных видов луков секции *Allium* рода *Allium* L. на основе анализа некодирующих участков генома

Филюшин М.А., Кочиева Е.З.
Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН, Москва, Россия
michel7753@mail.ru

Секция *Allium* считается одной из самых представительных в роде *Allium* L. и включает такие экономически значимые виды как чеснок *A. sativum* L., лук-порей *A. porrum* L., лук виноградный *A. ampeloprasum* L., лук рокамболь *A. scorodoprasum* L., а также ряд редких и эндемичных видов. Однако, несмотря на свою значимость, для многих видов не решены таксономические и филогенетические проблемы. В данной работе для определения филогенетических отношений и таксономического статуса ряда видов был проведен анализ восьми некодирующих участков ядерного (ITS), пластидного (спейсеры *rpl*32-*trn*L, *ndh*J-*trn*L, *pet*N-*psb*M, *trn*C-*pet*N, *trn*T-*trn*L и интрон гена *rps*16) и митохондриального (интрон гена *nad*1) геномов у 57 образцов 16 видов луков секции *Allium*. Суммарная длина проанализированных последовательностей для каждого образца составила более 7000 п.н., для многих видов они определены впервые. Всего в последовательностях идентифицировано 620 вариабельных сайтов, наиболее полиморфными оказались ITS (126 SNPs; 19.6%) и пластидные спейсеры *rpl*32-*trn*L (134 SNPs; 12.4%) и

*trn*T-*trn*L (102 SNPs; 9.6%), которые могут быть рекомендованы для филогенетических и популяционных исследований других секций рода *Allium*. Филогенетический анализ, проведенный на основе вариабельности некодирующих последовательностей, выявил две обособленные группы аллополиплоидных видов луков, каждая из которых, по всей видимости, имеет общего предка пластидного генома. Первая группа видов, так называемый «*Allium ampeloprasum* complex», включала образцы *A. ampeloprasum*, *A. commutatum* Guss., *A. polyanthum* Schult. et Schult. f., *A. porrum* и *A. pyrenaicum* Costa et Vayr. Вторая группа включала образцы виды *A. baeticum* Boiss., *A. erubescens* K. Koch, *A. rotundum* L.и *A. scorodoprasum*. Также, проведенный анализ позволил определить положение видов *A. baeticum* и *A. iranicum* (Wendelbo) Wendelbo в секции *Allium*.

Работа выполнена за счет средств государственного задания № 0104-2014-0210.

Phylogeny of allopolyploid species of *Allium* L. sect. *Allium* based on the analysis of the noncoding regions in the genome

Filyushin M.A., Kochieva E.Z.
Federal Research Centre “Fundamentals of Biotechnology” of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

The section *Allium* is considered to be one of the most representative in the genus *Allium* L. and includes such economically significant species as garlic (*A. sativum* L.), leek (*A. porrum* L.), onion (*A. ampeloprasum* L.), rocambole (*A. scorodoprasum* L.), and a number of rare and endemic species. However, despite the importance of section, the questions of many Allium species taxonomy and phylogeny still remain unsolved. In this study, to determine the phylogenetic relationships and the taxonomic status of some *Allium* species, eight noncoding regions of nuclear (ITS), plastid (the *rpl*32-*trn*L, *ndh*J-*trn*L, *pet*N-*psb*M, *trn*C-*pet*N, and *trn*T-*trn*L spacers, and the *rps*16 intron) and mitochondrial (the *nad*1 intron) genomes were analyzed in 57 accessions of 16 onions species. For each accession, the total length of the analyzed sequences was more than 7 kb, and, for many species, these regions were determined for the first time. In general, 620 SNPs were found. The most polymorphic regions were ITS (126 SNPs, 19.6%), *rpl*32-*trn*L (134 SNPs, 12.4%), and *trn*T-*trn*L (102 SNPs, 9.6%) that can be recommended for phylogenetic and population studies of other sections of the genus *Allium*. The noncoding sequences-based phylogenetic analysis revealed two groups of allopolyploid onions species, each of them, apparently, having a separate ancestral plastid genome. The first group represented the so-called “*Allium ampeloprasum* complex” which includes *A. ampeloprasum*, *A. commutatum* Guss., *A. polyanthum* Schult. et Schult.f., *A. porrum*, and *A. pyrenaicum* Costa et Vayr. The second group consisted of the accessions of *A. baeticum* Boiss., *A. erubescens* K. Koch, *A. rotundum* L., and *A. scorodoprasum*. The performed analysis also made it possible to define the position of *A. baeticum* and *A. iranicum* (Wendelbo) Wendelbo within the section *Allium*.

This study was financially supported by the grant of Federal Agency for Scientific Organizations No. 0104-2014-0210.

Проблемы секционного деления рода *Scrophularia* L. (Scrophulariaceae)

Шелудякова М.Б.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
msheludyakova@binran.ru

Scrophularia L. относится к довольно крупным родам цветковых растений и насчитывает около 300 видов, представленных в основном многолетними и однолетними травами и полукустарниками. Род распространен в пределах Голарктики.

Первоначально секционное деление рода было проведено по признакам стаминодия. В 1836 г. G.E. Don разделил род на 3 секции *Venilia* G.E. Don, *Scorodonia* G.E. Don, *Caninae* G.E. Don. Через 10 лет G. Bentham предлагает новую систему рода, основываясь уже не только на форме стаминодия, но и на признаках одревеснения стебля. Bentham сохраняет секции *Venilia* и *Scorodonia* из предыдущей системы и предлагает новую секцию *Tomiophyllum* Benth., к которой отнес полукустарники и многолетние травянистые растения, которые ранее были в секции *Caninae*, а также некоторые виды из секции *Scorodonia*.

Системой, предложенной Bentham, пользовались на протяжении 50 лет, пока в 1910 г. H. Stiefelhagen не предложил новую систему рода, основанную на морфологических признаках листьев и общего габитуса растения. Stiefelhagen выделил 2 секции: *Anastomosanthes* Stiefelhag. и *Tomiophyllum* Benth. К секции *Anastomosanthes* отнес не одревесневающие травы с анастомозирующими жилками на более крупных листьях, а в секцию *Tomiophyllum* – виды с неанастомозирующими жилками, на небольших по размеру листьях.

На настоящий момент молекулярно-генетические данные подтверждают секционное деление, предложенное Stiefelhagen.

Секция *Scrophularia* (*Anastomosanthes*) включает травянистые растения с крупными листьями, которые предпочитают сырые, затенённые или увлажнённые местообитания, и произрастают в северных регионах земного шара.

Секция *Caninae* (*Tomiophyllum*) – многолетние травянистые растения, растения с одревесневающими стеблями и полукустарнички, с мелкими листовыми пластинками. Представители этой секции имеют адаптации к ксерофитным местообитаниям, их ареалы ограничены Старым Светом, также в этой группе можно отметить большое количество эндемиков.

Problems of sectional division of the genus *Scrophularia* L. (Scrophulariaceae)

Sheludyakova M.B.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

The genus *Scrophularia* L., estimated to include more than 300 species, is one of the largest genera of the family *Scrophulariaceae*; it consists mainly of perennial and annual herbs and semishrubs. The genus is distributed throughout the Holarctic.

In 1836, G.E. Don divided the genus into 3 sections of *Venilia* G.E. Don, *Scorodonia* G.E. Don, *Caninae* G.E. Don using signs of the structure of stamina. In 10 years G. Bentham offers a new kind of system, based not only on the shape of stamina but also on signs of the stem lignification. Bentham keeps *Venilia* and *Scorodonia* sections of the previous system and offers the new section *Tomiophyllum* Benth. which includes shrubs and perennial herbs previously placed within the section *Caninae* as well as some species from section *Scorodonia*.

System proposed by Bentham had been used for 50 years, until Heinz Stiefelhagen offered a new system in 1910. The new system was based on morphological characteristics of leaves and the general habit of plants. Stiefelhagen divided the genus into 2 sections: *Anastomosanthes* Stiefelhag. and *Tomiophyllum* Benth. Stiefelhagen included non-lignifying herbs with anastomosing veins and larger leaves to the section *Anastomosanthes*. In the section *Tomiophyllum* species with non-anastomosing veins and small leaves were placed.

To date, molecular genetic data confirms sectional division proposed by Stiefelhagen.

Section *Scrophularia* (*Anastomosanthes*) includes herbaceous plants with large leaves that prefer moist, shaded or humid habitats, and grow in the northern parts of the globe.

Section *Caninae* (*Tomiophyllum*) consists of perennial herbs, plants with lignified stems and semishrubs, with small leaf blades. Species of this section are adapted to xerophytic habitats, they occur in the Old World. There are also a large number of endemic species in this group.

Изучение типа наследования безлепестковости у пастушьей сумки (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.)

Шнайдер Э.Д.[1], Клепикова А.В.[2]
[1] Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия;
[2] Институт проблем передачи информации РАН им. А.А. Харкевича, Москва, Россия
shnayder.elina.2014@post.bio.msu.ru, annklepikova@gmail.com

Семейство крестоцветных характеризуется стабильной структурой цветка. У подавляющего числа его представителей он состоит из 4 чашелистиков, 4 лепестков, 6 тычинок и 2 плодолистиков. Однако встречаются изменения числа органов – так, например, многие представители рода *Lepidium* L. характеризуются потерей лепестков и/или части тычинок (Lee *et al*., 2002). Уменьшение числа лепестков наблюдается и в родах *Cardamine* L. и *Rorippa* Scop. (Маевский, 2014), что свидетельствует о возможном эволюционном преимуществе таких форм и нуждается в дополнительном анализе.

Перспективной моделью для изучения процессов, приводящих к редукции лепестков, является недавний аллотетраплоид *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., для которого известна форма, характеризующаяся потерей большей части лепестков. Потеря лепестков может происходить двумя путями: 1) преобразованием в тычинки, 2) редукцией. Первая форма упоминается в литературе как отдельный вид *C. apetala* Opiz. Причиной такого фенотипа является сдвиг паттерна экспрессии генов, определяющих тип органов цветка (Hintz *et al*., 2006). Объектом исследования в представленной работе служит вторая форма с 6 тычинками, которая широко распространена на Европейской части России, а также Республики Беларусь, включая центральную часть (Москва, Пущино, Тула, Минск) и Север (Карелия, Мурманская область). Целью работы является идентификация локусов, аллельные состояния которых определяют степень развития лепестков, и анализ их влияния на степень проявления признака. Для идентификации локусов было проведено скрещивание линий с лепестками и без лепестков. Второе поколение от этого скрещивания анализировалось на наличие или отсутствие лепестков. Было показано, что в наследовании признака участвуют как минимум 2 гена, находящихся в паралогичных частях хромосом. Дальнейший анализ разработанной системы позволит уточнить механизмы морфологической эволюции на ранних стадиях формирования полиплоидных растений.

Determination of the inheritance mode for the loss of petals in shepherd's purse (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.)

Shnayder E.D.[1], Klepikova A.V.[2]
[1] Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
[2] Kharkevich Institute for Information Transmission Problems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Brassicaceae family is characterized by stability of flower structure. The majority of species has 4 sepals, 4 petals, 6 stamens in two worlds and 2 carpels. The deviations from this structure occur very rarely. For example, a lot of species from genius *Lepidium* L. have loss of petals or/and stamens (Lee *et al*. 2002). Also, the reduction in the number of petals is known at the genera *Cardamine* L. and *Rorippa* Scop. (Mayevsky, 2014), and apetaly forms possibly gain evolutionary advantages which is of particular scientific interest.

Capsella bursa-pastoris (L.) Medik. is a recent allotetraploid and a promising model plant for studying the process of petal reduction. The forms with full or partial petals reduction is known for this plant. There are two mechanisms of petal number decrease: 1) the corolla organs conversion into stamens, 2) the corolla disappearance. The former is referred to in literature as species *C. apetala* Opiz and is caused by expression of the Class C gene rather than Class A genes in the organs of the second whorl (Hintz et al. 2006). In our study we explore the second form with 6 stamens. It is widespread in natural condition at the European part of Russia and the Republic of Belarus, including the Central part (Moscow, Puschino, Tula, Minsk) and the North (Karelia, Murmansk Region). The aim of research is the mapping of loci associated with petal reduction and analysis of their influence on the degree of characteristic manifestation. We have crossed strains with petals and without petals for identification of loci. The second progeny was analyzed for existence or absence of petals. We found at least 2 genes at paralogous chromosomes associated with a petalous phenotype.

Future studies of this system will be conducted to clarify the mechanisms of morphological evolution at early stages of polyploidization.

Филогенетическая биогеография *Halophila* Thouars (Hydrocharitaceae)

Юрманов А.А.
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия
yurmanov-anton.ya.ru@yandex.ru

Halophila Thouars – род «морских трав» из семейства Hydrocharitaceae s. l. (порядок Alismatales), включающий 19 видов с дизъюнктивным ареалом в тропических водах Мирового океана, а также в субтропических и умеренных водах Южного полушария.

Для реконструкции процессов расселения *Halophila* мы проанализировали ген 5.8S рРНК и 36 морфологических признаков 8 видов рода. В качестве внешней группы использован *Enhalus acoroides* (L. f.) Royle (Hydrocharitaceae).

На полученной консенсусной кладограмме базальным видом является *Halophila beccarii* Asch., распространенная на юго-западе Тихого и в Индийском океанах. Далее следуют сестринские виды *H. engelmannii* Asch. (тропические литорали Атлантики) и *H. tricostata* M. Greenway (юго-запад Тихого и Индийский океаны). *H. decipiens* Ostenf., распространенная в тропических водах Атлантики, Индийского и юго-запада Тихого океанов, является сестринской по отношению ко всем остальным изученным видам рода, которые образуют две сестринские пары: *H. australis* Doty et B.C. Stone (южное побережье Австралии) + *H. major* Miq.(северо-запад Тихого океана) и *H. hawaiiana* Doty et B.C. Stone (акватория Гавайских островов) + *H. ovalis* (R. Br.) Hook. f. (юго-запад Тихого, Индийский океаны). Все узлы кладограммы (исключая дихотомию *H. engelmannii* и *H. tricostata* M. Greenway) имеют высокую бутстрэп-поддержку (>90%). Полученные нами данные позволяют предположить, что расселение рода *Halophila* происходило из акватории юго-запада Тихого/Индийского океанов, где до настоящего времени обитает большинство видов рода. Тропические воды Атлантики представители рода заселяли дважды. Два других «трека» расселения *Halophila* достигли центра/северо-запада Тихого океана и умеренных вод Австралии.

Phylogenetic biogeography of *Halophila* Thouars (Hydrocharitaceae)

Iurmanov A.A.
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Halophila Thouars is a genus of «sea grasses» from the family Hydrocharitaceae s.l. (Alismatales) including 19 species with a disjunctive areal in the tropics of the World Ocean, as well as in the subtropical and temperate waters of the Southern Hemisphere.

To reconstruct the processes of disperse of *Halophila*, we analyzed genes of 5.8S ribosomal RNA as well as 36 morphological features of 8 species of the genus; as an outgroup, *Enhalus acoroides* (L. f.) Royle (Hydrocharitaceae) was used.

The basal species obtained by the consensus cladogram is *Halophila beccarii* Asch., which is widespread in the Southwest Pacific and in the Indian Ocean. Next are the sister species *H. engelmannii* Asch. (the tropical Atlantic littoral) and *H. tricostata* M. Greenway (the Southwest Pacific and the Indian Ocean). *H. decipiens* Ostenf., distributed in the tropical waters of the Atlantic, Indian and Southwest Pacific Oceans, is sister to all other species of the genus that have been studied which form two sister linages: *H. australis* Doty et B.C. Stone (the Southern coast of Australia) + *H. major* Miq. (the Northwest Pacific) and *H. hawaiiana* Doty et B.C. Stone (Hawaii area) + *H. ovalis* (R. Br.) Hook. f. (the Southwest Pacific and Indian Ocean). All nodes of the cladogram (excluding the dichotomy of *H. engelmannii* and *H. tricostata* M. Greenway) have high bootstrap support (>90%). The data obtained by us suggest that the dispersion of the genus *Halophila* started in the Southwest Pacific / Indian Oceans where most species of the genus still occur. Tropical waters of the Atlantic were inhabited twice by species of the genus. The other two «tracks» of the dispersion of *Halophila* reached the center / Northwest of the Pacific Ocean and the temperate waters of Australia.

ЭМБРИОЛОГИЯ И РЕПРОДУКТИВНАЯ БИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Репродуктивная биология и сохранение редких видов орхидных

Андронова Е.В.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
elena.andronova@mail.ru

Целью современной биологии сохранения является развитие практических подходов для сохранения дикой природы. К традиционным способам сохранения редких видов растений можно отнести их охрану в заповедниках, национальных парках, памятниках природы, создание резервных генетических коллекций и искусственных биотопов в Ботанических садах. Наряду с этим, в учреждениях ботанического профиля проводятся работы по разработке ускоренных методик размножения редких видов для последующего использования полученных растений при интродукции, реинтродукции и криоконсервации.

Несмотря на то, что орхидные являются объектами исследования уже столетия, некоторые вопросы изучения их биологии в настоящее время далеки от завершения. Семейство Orchidaceae является одним из самых крупных, в нем насчитывается около 25 тыс. видов (Dressler, 1993; Fay, Krauss. 2003, Genera Orchidacearum: Vol. 1-5). Большинство из них относятся к высоко декоративным растениям и представляют интерес для любителей. Практически все представители семейства относятся к числу редких видов, численность которых сокращается по всему миру. В ряде стран в связи с полным исчезновением некоторых видов орхидных, или в виду снижения их численности до критического значения, проводятся работы по искусственному размножению и реинтродукции растений в природные условия (Ramsay, Dixon, 2003).

Метод асимбиотического проращивания семян и культивирования растений *in vitro* является одним из основных биотехнологических приемов, используемых для размножения редких видов сем. Orchidaceae. Методика проращивания семян орхидных *in vitro* была разработана еще в начале 20 века и впервые использована для тропических видов орхидных. Позднее были разработаны методики для получения сеянцев орхидных умеренных широт, которые характеризуются затрудненным прорастанием семян (см. обзор Fast, 1982). К настоящему времени имеются сведения об успешных экспериментах по проращиванию семян и культивированию растений *in vitro* для большинства редких северных видов орхидных.

Несмотря на многочисленные работы по выращиванию сеянцев орхидных, некоторые вопросы биологии семенного размножения оставались недостаточно подробно изученными. Особенно слабо изученной оказалась проблема разнокачественности и жизнеспособности семенного потомства, как в экспериментальных условиях, так и при естественном произрастании. Создания резервных генетических коллекций редких видов орхидных в ботанических садах и многолетние практические работы по реинтродукции невозможны без сведений о гетерогенности используемых для посева семян и без данных о степени неоднородности получаемой *in vitro* «популяции» сеянцев, в том числе и по их жизнеспособности в разных условиях произрастания.

Реализация репродуктивного потенциала определяется в каждой экологической ситуации процессами, контролирующими образование из семязачатков полноценных жизнеспособных семян, а затем и образованием из них всходов. Для обозначения числа полноценных семян на побег или особь предложено понятие реальной семенной продуктивности (РСП). Признаки гетероспермии (неоднородности семян) могут проявляться в пределах одного плода, одной особи, разных особей в популяции. Наиболее часто разнокачественность семян орхидных определяется по разнице их размеров (длина, ширина) и по структурным различиям (варьирование размеров зародыша), а также по наличию или отсутствию в них зародыша. Плод представителей сем. Orchidaceae может содержать от 400 до 6000000 мелких (пылевидных) семян, т.е. для орхидных характерна высокая семенная продуктивность (Ardittii, 1992; Назаров, 1995). Однако, выявлены факты, свидетельствующие о том, что большая часть сформированных семян к диссеминации может быть нежизнеспособной из-за отсутствия в них зародыша (Черевченко, Кушнир, 1986; Андронова, 2003; Виноградова и др., 2003). Таким образом, несмотря на большое число формирующихся семян, реальная семенная продуктивность может быть низкой. Например, только 11–14% семян были с зародышем у *Dactylorhiza fucshii* из Ленинградской обл. (Андронова, 2003; 2011), 3% у *D. incarnata* из Хакасии (Виноградова и др., 2003), около 50% у *Orchis simia* и *Orchis purpurea* ssp. *caucasica*, из местонахождений Краснодарского края и *Cypripedium calceolus* с юга Приморского, Хабаровского и Забайкальского краев (Андронова, 2014).

Как считала Р.Е. Левина (1981), факторы, вызывающие неполноценность семян, могут быть объединены в 3 группы: недостаточность опыления, нехватка ресурсов, повреждение семян фитофагами и болезнями. Эти факторы действуют и в случае орхидных. Однако цитоэмбриологическое исследование формирования семян у особей *D. fucshii* из Ленинградской обл. и *Orchis purpurea* ssp. *caucasica* из двух популяций Краснодарского края, характеризующихся низкой реальной семенной продуктивностью показало, что семена становятся нежизнеспособными к моменту диссеминации из-за летальных аномалий строения зародыша и суспензора, которые связаны с проявлением генетической нестабильности при делении и дифференциации клеток в ходе эмбриогенеза (Андронова, 2011; Андронова и др., 2016). Таким образом, к общеизвестным факторам, снижающим реальную семенную продуктивность можно добавить еще один – летальные аномалии строения и развития зародышей.

Низкая реальная семенная продуктивность может быть причиной снижения численности популяций некоторых видов орхидных с преимущественно семенным размножением, вплоть до полного исчезновения некоторых их них. Высокая доля аномалий при формировании семян, по-видимому, может указывать на гибридное происхождение материнских растений или же на формирование гибридного потомства в результате опыления пыльцой растений другого вида. Например, как это наблюдается в случае возобновляемых межвидовых интрогрессивно гибридных

комплексов, образующихся в родах *Cypripedium, Dactylorhiza* и *Orchis*. Кроме того, не исключено, что высокая доля нежизнеспособных семян может быть следствием инбридинга в связи с малой численностью особей в изучаемых популяциях. Низкая реальная семенная продуктивность у изученной особи *D. fuchsii* может быть следствием близкородственных скрещиваний в течение длительного времени, из-за низкой численности локальной популяции, в которой она произрастала.

В оценку РСП растений входит и качество семян, включающее в себя способность семян прорастать и формировать жизнеспособные всходы (Злобин, 2000). Определение качества семян очень важная задача в прикладных работах и в научных исследованиях. Наиболее надежным и достоверным способом определения жизнеспособности семян является их проращивание при оптимальных условиях

Как правило, большая часть сеянцев, полученных в культуре *in vitro*, после высадки в искусственные почвенные субстраты продолжают свой рост и развиваются успешно. Кроме того, растения, полученные из семян с использованием культуры *in vitro* и выращиваемые в условиях приближенных к природным, быстрее достигают генеративного состояния, по сравнению с особями семенного происхождения, развивающихся в естественных условиях (Мамаев и др., 2004; Широков и др., 2005).

Эксперименты по высадке растений из культуры *in vitro* в естественные природные условия (реинтродукция) являются менее успешными, как с точки зрения низкой численности выживших особей, так и с точки зрения отсутствия у них способности к ускоренному достижению репродуктивной стадии (Ramsay, Dixon, 2003). Сведения о таких экспериментах очень немногочисленные, а информация об их результатах ограничена. Это связано с тем, что заключения о результатах реинтродукции можно сделать только после многолетнего мониторинга (более 10 лет), однако спустя уже несколько лет после начала эксперимента возникают сложности с обнаружением экспериментальных растений в природных сообществах. Несмотря на эти проблемы, эксперименты по реинтродукции имеют существенное преимущество при изучении динамики возрастных состояний в популяциях. В них известен календарный возраст особей, который можно оценить и с момента посева семян и появления всходов, а также с момента высадки сеянцев в природные условия. Тем самым становится возможным сопоставить онтогенетический возраст особей с их точным календарным возрастом, и получить новые данные в области популяционной биологии изучаемых видов.

Reproductive biology and the conservation of the rare orchid species

Andronova E.V.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

The purpose of modern biology of conservation is the development of practical approaches for retaining wild nature. To the traditional methods of conservation the rare plant species can be attributed their protection in the preserves, the national parks, the monuments of nature, the creation of reserve genetic collections and artificial biotopes in the botanical gardens. At the same time, in the establishments of botanical type is conducted the work on the development of the accelerated procedures of the multiplication of rare species for the subsequent use of the obtained plants with the introduction, reintroduction and cryo-conservation.

Despite the fact that the orchids are the subjects of a study already of century, some questions of studying their biology are currently far from complete. Family Orchidaceae is one of the large, in it are counted about 25 thousand species (Dressler, 1993; Fay, Krauss. 2003, Genera Orchidacearum: Vol. 1-5). Most of them are highly ornamental plants and are of interest to orchid lovers. Practically all representatives of family relate to the number of rare species, whose number is decreased throughout the world. In a number of the countries in connection with the complete disappearance of some species of orchids, or of reduction in their number to the critical value, is conducted the work on the artificial multiplication and reintroduction of plants into the natural conditions (Ramsay, Dixon, 2003).

The method of the asymbiotic germination of seeds and cultivation of plants *in vitro* is one of the basic biotechnological methods, used for propagation the rare orchid species. The procedure of the orchid seed germination *in vitro* was developed even in the beginning 20 of century and for the first time used for the tropical species. Later were developed procedures for obtaining the seedlings of the temperate orchids, which are characterized by the difficult germination of seeds (see Fast, 1982). At the present time there is information about the successful experiments on the seed germination and the cultivation of plants *in vitro* for the rarest northern orchid species.

In spite of numerous work on the cultivation of the orchid seedlings, some questions of biology of seed reproduction has remained insufficiently studied. Particularly poorly understood is the issue of different quality and viability of seed progeny, as in the experimental conditions, and in its natural habitat. The creation of the reserve genetic collections of the rare species in the botanical gardens and long-standing practical works on reintroduction are impossible without the information about the heterogeneity of the seeds used for the sowing and without the data about the degree of the heterogeneity the obtained *in vitro* “population” of seedlings, including on their viability under the different conditions of growth.

The realization of reproductive potential is determined in each ecological situation by the processes, which control formation from the ovules viable seeds, and then by the formation of them of seedlings. The concept of real seed productivity (RSP) is proposed to denote the number of full-fledged seeds per escape or individual. Signs of heterospermy (heterogeneity of seeds) can occur within one fruit, one individual, different individuals in the population.

Most frequently heterospermy of orchids is determined by the difference of their sizes (length, width) and by the structural differences (variation of the dimensions of embryo), and also by presence or absence in them of embryo. Fruit of orchids can contain from 400 to 6000000 the small (powdered) seeds, i.e., for the orchids is characteristic the high seed productivity (Ardittii, 1992; Nazarov, 1995).

However, are revealed the facts, that the large part of the formed seeds to the dissemination can be nonviable because of

the absence in them of embryo (Cherevchenko, Kushnir, 1986; Andronova, 2003; Vinogradova *et al*., 2003). Thus, in spite of the large number of forming seeds, real seed productivity can be low. For example, only 11–14% of seeds had embryo in *Dactylorhiza fuchsii* from Leningrad region (Andronova, 2003; 2011), 3% in *D. incarnata* from Khakassia (Vinogradova *et al*., 2003), about 50% in *Orchis simia* and *Orchis purpurea* ssp. *caucasica*, from the locations of Krasnodar Krai and *Cypripedium calceolus* from the South of Primorsky, Khabarovsk and Zabaikalsky Krai (Andronova, 2014).

According to R.E. Levina (1981), factors causing seed inferiority can be combined into 3 groups: lack of pollination, lack of resources, damage to seeds by phytophagous and diseases. These factors also apply in the case of orchids. However cytoembryological study of the formation of seeds of individuals of *D. fucshii* of the Leningrad region and *Orchis purpurea* ssp. *caucasica* from two populations of Krasnodar Krai, characterized by low real seed productivity showed that seeds become unviable at the time of dissemination due to lethal anomalies in the structure of the embryo and suspension, which are associated with the manifestation of genetic instability in the division and differentiation of cells during embryogenesis (Andronova, 2011; Andronova *et al*, 2016). Thus, one more lethal anomalies of the structure and development of embryos can be added to the well – known factors reducing real seed productivity.

Low real seed productivity can be the reason for reduction in the number of populations of some species of orchids with the predominantly seed propagation, up to the complete disappearance some of them. The high portion of anomalies during seed development, apparently, can indicate the hybrid origin of maternal plants or to form of hybrid posterity as a result of crossing with the pollen of the plants of another species. For example, as this is observed in the case of those renewed of the interspecies hybrid complexes, which are formed in the kinds *Cypripedium*, *Dactylorhiza* and *Orchis*. Furthermore, it is possible that the high fraction of nonviable seeds can be the consequence of inbreeding in connection with the small number of individuals in the studied populations. Low real seed productivity in the studied individual *D. fuchsii* can be the consequence of the closely-related crossings for a long time, because of the low number of local population, in which it grew.

Into the estimation RSP of plants enters the quality of seeds, which includes the ability of seeds to germinate and to form the viable shoots (Zlobin, 2000). Determining the quality of seeds very important task in the applied works and in scientific studies. The most reliable and reliable way to determine the viability of seeds is their germination under optimal conditions.

As a rule, the large part of the seedlings, obtained in the culture *in vitro*, after transplantation into the artificial soil continues their growth and they are developed successfully. Furthermore, the plants, obtained from the seeds with the use of a culture *in vitro* and reared in the conditions for approximating natural, more rapidly reach generative state, in comparison with the individuals of seed origin, that are developed under the natural conditions (Mamaev *et al*., 2004; Shirokov *et al*., 2005)

Experiments on the transplantation of plants of the culture *in vitro* into the natural conditions are less successful both from the point of view of the low number of survived individuals and from the point of view of the absence in them of capability for the accelerated reaching of the reproductive stage (Ramsay, Dixon, 2003). The information about such experiments very not numerous, and information about their results is limited. This connected with the fact that conclusions about the results of reintroduction can be made only after the long-standing monitoring (more than 10 years); however, already several years after the beginning of experiment appear complexity with the detection of experimental plants in the natural associations. In spite of these problems, experiments on reintroduction have the essential advantage during the study of the dynamics of the states of populations dependent on age. It is know the calendar age of individuals, which can be estimated from the moment of sowing seeds and germination, as well as from the time of planting seedlings in natural conditions. It thus becomes possible to compare the ontogenetic age of individuals with their precise calendar age, and to obtain new data in the region of population biology of the studied forms.

Эволюционный анализ генов, ассоциированных с апомиксисом

Брюхин В.Б.[1,2], Кливер С.Ф.[1], Бакин Е.А.[1], Райко М.П.[1], Гроссниклаус У.[3], Баскар Р.[4]
[1] Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;
[2] Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;
[3] University of Zurich, Zurich, Switzerland;
[4] Indian Institute of Technology, Chennai, India
vbrukhin@gmail.com

В качестве модели для исследования апомиксиса (бесполое размножение растений посредством семян, в результате которого возникает генетически однородное потомство) мы используем родственный модельному растению *Arabidopsis thaliana* род *Boechera*, который содержит как половые, так и апомиктические виды. Апомиксис, по сути, является природной формой клонального размножения. Половое размножение способствует возникновению бесконечного разнообразия генетических вариантов, которые обеспечивают материал для адаптивного отбора в процессе эволюции диких видов, а также для улучшения качества урожая путем селекции сельскохозяйственных форм растений и животных. Недостатком полового размножения является расщепление сочетания полезных признаков в последующих поколениях благодаря мейотической рекомбинации, вследствие чего потомство теряет выгодные комбинации генов своих предков. Однако, некоторые растения могут размножаться бесполым путем при помощи семян (минуя мейоз и оплодотворение), процесс, известный как апомиксис.

Как известно, более 400 видов растений, принадлежащих к почти 40 семействам, могут размножаться апомиксисом (Nogler, 1984; Carman, 1995, 1997; Hojsgaard *et al*., 2014). Последний является одной из основных репродуктивных стратегий наряду с половым размножением. Существует положительная корреляция между наличием апомиксиса, таксономическим разнообразием и величиной ареала распространения растений. Было установлено, что

большинство крупных семейств включают в себя апомиктические формы растений (Hojsgaard *et al.*, 2014). Апомиктические зародыши возникают не в результате слияния мужских и женских половых клеток, как это происходит при половом размножении, а благодаря клонированию материнских тканей семязачатка. Считается, что апомиксис эволюционировал независимо в нескольких таксонах от половых предковых форм (van Dijk, Vijverberg, 2005; Hand et al., 2015). Апомиксис может рассматриваться как вариация полового размножения, своего рода “короткое замыкание” полового пути, при котором определенные этапы утрачены, десинхронизированы либо существенно сокращены или изменены (Grossniklaus *et al.*, 1998, 2003; Grossniklaus, 2001; Jefferson, 1994; Koltunow, 1993). Таким образом, апомиксис и половое размножение эволюционно тесно взаимосвязаны, при этом многие регуляторные механизмы у них являются общими. Способность производить клоны материнского растения, а, следовательно, закреплять желаемые генетические признаки в последующих поколениях различных видов сельскохозяйственных растений, может привести к ускорению создания эффективных стратегий растениеводства на основе знаний о генетических аспектах апомиксиса. Впоследствии было предложено множество других возможных способов применения апомиксиса в сельском хозяйстве (Grossniklaus *et al.*, 2003; Jefferson, 1994), а также было признано его потенциальное значение для устойчивого развития сельского хозяйства и продовольственной безопасности (Toennissen, 2001). Более глубокое понимание молекулярных основ апомиксиса имеет решающее значение для повышения урожайности, для устойчивого производства продуктов питания, кормов, биоматериалов, волокон и биотоплива. К сожалению, среди основных сельскохозяйственных культур не было обнаружено природных апомиктов (Savidan, 2000). Большинство известных апомиктов являются факультативными, т.е. они могут переключить программы своего развития с бесполого на половой путь и обратно. Апомиксис обычно наблюдается у полиплоидных многолетних видов, в то время как диплоидные виды того же рода размножаются половым способом. Наличие полиплоидности затрудняет исследование генетики апомиксиса. Главные усилия ученых сосредоточены на более глубоком понимании молекулярных основ апомиксиса в качестве ключа, который поможет созданию сельскохозяйственных технологий, способствующих постоянной фиксации благоприятных генотипов растений на основе получения бесполых семян (Bicknell, Koltunow, 2004; Grossniklaus, 2001; Koltunow, Grossniklaus, 2003; Rodriguez-Leal, Vielle-Calzada, 2012). Внедрение свойств апомиксиса в культурные растения может стать предвестником второй «зеленой революции», поскольку, благодаря апомиксису, любой гибридный признак может быть зафиксирован в последующих поколениях, сохраняя полезные гибридные свойства родительских форм.

В настоящее время существуют две основные стратегии изучения молекулярно-генетической регуляции апомиксиса: 1) идентификация и характеристика генов, ответственных за его проявление у природных апомиктов, а также 2) попытка индуцировать его признаки у растений, в природе размножающихся только половым путем, посредством нокаута или экспресси определенных генов (Hand, Koltunow, 2014). Поскольку апомиксис является видоизменением полового процесса и многие гены, регулирующие последний, играют также ключевую роль и в регуляции апомиксиса.

В докладе будут рассмотрены последовательные этапы формирования семени покрытосеменных растений при половой репродукции и при апомиксисе, а также гены, участвующие в этих процессах.

Boechera retrofracta – диплоидный вид, размножающийся половым способом, он является предковым родительским видом диплоидных апомиктических видов *Boechera,* которые образуются в результате гибридизации.

Мы осуществили сборку *de novo* и аннотацию генома *B. retrofracta* с использованием одной библиотеки коротких paired-end ридов и трех mate pair библиотек, полученных на платформе Illumina и Roche. Оценка размера генома и степени его гетерозиготности, на основе распределения 23-меров paired-end библиотеки, показала низкий уровень гетерозиготности генома *B. retrofracta* по сравнению с апомиктическим видом *B. divaricarpa*, а также присутствие дупликаций и трипликаций. Размер генома согласно полученной оценке, составляет 227 М п.н. Было аннотировано 27048 белок-кодирующих генов, которые были предсказаны с использованием гибридного подхода, сочетающего в себе методы на основе поиска гомологии и метода *de novo*. Для построения филогенетического дерева использовались полученные гены *B. retrofracta* и белок кодирующие гены 6 других видов из семейства Brassicaceae. Осуществлялся поиск и сравнение сходства найденных 28 генов, связанных с апомиксисом, включая ген *APOLLO*, экзонуклеазы гистидина (который, как обнаружено, находится под положительным отбором), в геномах 10 половых и 10 апомиктических форм *Boechera*. Мы предложили модель эволюции гена *APOLLO* посредством серии дупликаций. Сборный геном *B. retrofracta* поможет в сложной сборке высоко гетерозиготных геномов гибридных апомиктических видов, таких как *B. divaricarpa*.

Исследование проводилось при поддержке грантов РФФИ 16-54-21014 и 15-54-45001.

Evolutionary analysis of apomixis-associated genes

Brukhin V., Kliver S., Bakin E., Baskar R., Grossniklaus U.

Apomixis, defined as the asexual plant reproduction through seeds that results in the production of genetically uniform progeny. In fact, apomixis could be considered as a natural way of cloning. Currently there are more than 400 plant species known to use apomixis as a strategy for their propagation. The primary fundamental aspects of apomixis are the bypassing of meiosis and parthenogenetic development of the embryo without fertilization Apomixis attracts special attention because of its potential value for agriculture, as it could be harnessed for plant breeding programs enabling the permanent fixation of heterosis in crop plants. A better understanding of the molecular and genetic regulation of apomixis is important for developmental and evolutionary perspectives but also for implementation of engineering of apomixis traits into agricultural crop plants. Despite apomixis is considered as one of the key technologies for the improving agriculture, it is currently not fully known how the genetic and molecular regulation of this important trait occurs. In the talk, up to date information on the biology of apomixis and the known genes and genetic loci associated with regulation of different components of apomixis will be provided.

Closely related to the model plant *Arabidopsis thaliana*, the genus *Boechera* is known to contain both sexual and apomictic species or accessions. *Boechera retrofracta* is a diploid sexually reproducing species and is thought to be an ancestral parent species of apomictic species. We report the *de novo* assembly and annotation of the *B. retrofracta* genome using short Illumina and Roche reads from 1 paired-end and 3 mate pair libraries. The distribution of 23-mers from the paired end library has indicated a low level of heterozygosity and the presence of detectable duplications and triplications. The genome size was estimated to be equal 227 Mb. 27048 protein-coding genes were predicted using a hybrid approach that combines homology-based and *de novo* methods. Genes of *B. retrofracta* and 6 other Brassicaceae species were used for phylogenetic tree reconstruction. Also, we explored the histidine exonuclease *APOLLO* locus, related to apomixis in *Boechera*, and proposed model of its evolution through the series of duplications. An assembled genome of *B. retrofracta* will help in the challenging assembly of the highly heterozygous genomes of hybrid apomictic species such as *B. divaricarpa*.

References:

Bicknell RA, Koltunow AM. 2004. Understanding apomixis: recent advances and remaining conundrums. *Plant Cell. 6 Suppl*: S228–245.

Carman JG. 1995. Gametophytic angiosperm apomicts and the occurrence of poIyspory and polyembryony among their relatives. *Apomixis Newsletter* 8: 39–53.

Carman JG. 1997. Asynchronous expression of duplicate genes in angiosperms may cause apomixis, bispory, tetraspory, and polyembryony. *Biol. J. Linn. Soc*. 61: 51–94.

Grossniklaus U, Moore JM, Brukhin V, Gheyselinck J, Baskar R, Vielle-Calzada JP, Baroux C, Page DR, Spillane C. 2003. Engineering of apomixis in crop plants: what can we learn from sexual model systems. *Plant Biotechnology* 2002 & Beyond, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht (Ed Vasil IK), p. 309–314.

Grossniklaus U, Vieliecaizada JP, Hoeppner M, Gogiiono W. 1998. MaternaI control of embryogenesis by MEDEA, a PoIycomb group gene in Arabidopsis. *Science* 280: 446–450.

Grossniklaus U. 2001. From sexuality to apomixis: Molecular and genetic approaches. *The Flowering of Apomixis: From Mechanisms to Genetic Engineering* (Eds Savidan Y, Carman JG, and Dresselhaus T) (Mexico, D.F.: CIMMYT, IRD, European Commission DG VI), p. 168–211.

Hand ML, Koltunow AM. 2014. The genetic control of apomixis: asexual seed formation. *Genetics* 197 (2): 441–450.

Hand ML, Vít P, Krahulcová A, Johnson SD, Oelkers K, Siddons H, Chrtek JJR, Fehrer J, Koltunow AM. 2015. Evolution of apomixis loci in Pilosella and Hieracium (Asteraceae) inferred from the conservation of apomixis-linked markers in natural and experimental populations. *Heredity (Edinb)* 114(1): 17–26.

Hojsgaard D, Klatt S, Baier R, Carman JG, Hörandl E. 2014. Taxonomy and Biogeography of Apomixis in Angiosperms and Associated Biodiversity Characteristics. *CRC Crit Rev Plant Sci*. 33(5): 414–427.

Jefferson RA. 1994. Apomixis: A social revolution for agriculture? *Biotechnology and Development Monitor* 19.

Koltunow AM, Grossniklaus U. 2003. Apomixis: a developmental perspective. *Annu. Rev. Plant Biol*. 54: 547–574.

Koltunow AM. 1993. Apomixis: embryo sacs and embryos formed without meiosis or fertilization in ovules. *Plant Cell* 5: 1425–1437.

Nogler GA. 1984. Gametophytic Apomixis. *Embryology of Angiosperms* (B.M. Ed.) Johry. Berlin: Springer Verlag, p.476–518.

Rodriguez-Leal D, Vielle-Calzada JP. 2012. Regulation of apomixis: learning from sexual experience. *Curr Opin Plant Biol*. 15(5): 549–555.

Savidan Y. 2000. Apomixis: Genetics and Breeding. *Plant Breeding Reviews (J. Janick Ed). Wiley, New York*. P. 13–86.

Toennissen G. 2001. Feeding the world in the 21st century. *The Flowering of Apomixis: From Mechanisms to Genetic Engineering. European Commission DG*. VI: 1–7.

van Dijk P, Vijverberg K. 2005. The significance of apomixis in the evolution of the angiosperms: a reappraisal. In: *Plant Species-Level Systematics: New Perspectives on Pattern and Process* (F. Bakker, L. Chatrou, B. Gravendeel, and P. Pelser Eds), Gantner Verlag, Ruggell, Liechtenstein. p. 101–116.

Женский гаметофит покрытосеменных растений: поливариантность программ развития

Виноградова Г.Ю.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
vinogradova-galina@binran.ru

Женский гаметофит цветковых растений, в отличие от споровых растений, сильно редуцирован (до нескольких клеток) и развивается внутри тканей материнского растения. У большинства покрытосеменных зародышевый мешок содержит 7 клеток – яйцеклетку, 2 синергиды, 3 антиподы и центральную клетку с двумя полярными ядрами, сливающимися или не сливающимися до оплодотворения. Несмотря на ограниченное число клеток, женский гаметофит является высокоорганизованной структурой, каждая клетка которой выполняет определенную функцию в процессе подготовки гамет к оплодотворению. Вместе с этим, зародышевый мешок является пластичной системой, что проявляется не только в структурном его разнообразии, но и в вариативности программ развития и возможности «включения» имеющихся «резервов» (формирование дополнительных яйцеклеток или зародышевых мешков, переход к апомиксису).

Можно выделить 3 ключевых этапа, на которых задействованы механизмы, приводящие к поливариантности программ развития зародышевого мешка.

1. Мегаспорогенез – процесс, связанный с протеканием мейоза и образованием мегаспор, дающих начало гаметофиту. Именно на данном этапе определяется ход (тип) развития зародышевого мешка и то количество мегаспор, которое будет принимать участие в его формировании. Тип развития зародышевого мешка зависит от наличия стадии цитокинеза в мейозе I и II: моноспорический (цитокинез после обоих делений), биспорический (цитокинез только после

мейоза I) и тетраспорический (цитокинез отсутствует после обоих делений) типы. Среди покрытосеменных наиболее распространен моноспорический Polygonum-тип, однако, следует отметить, что при тетраспорическом развитии наблюдается наибольшее число различных типов, что связано с характером поляризации и количеством делений на ценоцитной стадии, а также характером специализации клеток после клеткообразования. К сожалению, в настоящее время в литературе очень мало данных о факторах, обусловливающих различный ход мегаспорогенеза. По мнению D. Haig (1990), способ развития женского гаметофита - генетически контролируемый алгоритм, изменения в «программе» приводят к различным его формам (моно-, би- или тетраспорическое развитие). Также отмечена важная роль транспорта веществ в процессе мегаспорогенеза и связанные с ним характеристики мегаспороцита: распределение каллозы на клеточной стенке, его поляризация и локализация органелл (Rodkiewicz, 1970; De Boer-De Jeu, 1978).

Остаются не ясными вопросы об отсутствии цитокинеза в мейозе при тетраспорическом развитии и факторах, регулирующих этот процесс. Возможно, некоторое влияние на ход мегаспорогенеза оказывают сигналы, поступающие из материнских тканей. Например, показано важное значение париетальной ткани, аккумулирующей и доставляющей питательные вещества к зародышевому мешку на ранних стадиях его развития. На основании данных о разной степени массивности и времени разрушения париетальной ткани у видов *Dioscorea* с моно- (Polygonum-) и тетраспорическим (Drusa-) типами развития гаметофита (при тетраспорическом развитии париетальная ткань менее массивная и рано разрушается) сделано предположение, что развитие женского гаметофита по тетраспорическому типу, идет с меньшими энергозатратами на фоне общей интенсификации транспорта веществ и, вероятно, требует меньшего количества питательных веществ для реализации процессов мегаспорогенеза и образования гаметофита (Торшилова и др., 2016). Это подтверждено и на примере видов *Euphorbia*, где при тетраспорическом Penaea-типе (*E. palustris*) по сравнению с моноспорическим Polygonum-типом (*E. virgata*) в семязачатке формируется менее массивная париетальная ткань, и ее слои, прилегающие к зародышевому мешку, начинают разрушаться сразу после мейоза (Виноградова, 2017). Эти данные свидетельствует о скоррелированности процессов развития гаметофита с материнскими тканями и о влиянии последних на судьбу гаметофита.

2. Ценоцитные стадии развития зародышевого мешка. Для всех типов развития женского гаметофита характерно наличие митотических делений после мейоза, которые проходят без цитокинеза и образуют ценоцитную структуру. Количество таких делений может быть разным, что является одним из критериев для типизации развития зародышевого мешка. Максимальное число митозов – 3, может быть 2 или даже 1; последнее деление сопровождается цитокинезом, и в зависимости от количества ядер зародышевые мешки могут содержать от 4 до 15 клеток. А.Г. Смирнов (1982) полагает, что образование ценоцитной структуры связано с максимизацией поглощения питательных веществ из окружающих тканей и создания их запасов посредством образования крупных вакуолей. Распределение ядер на ценоцитных стадиях (поляризация) является существенным процессом развития гаметофита. К сожалению, механизмы, контролирующие миграцию ядер, остаются слабо изученными. По мнению некоторых исследователей в этом процессе участвуют микротрубочки и моторные белки (Sprunck, Gross-Hardt, 2011).

При тетраспорическом развитии процесс поляризации начинается на стадии мейоза, что обусловливает вариабельность типов развития: биполярные типы – 2+2 (Adoxa-, Plumbagella-), 1+3 (Fritillaria-, Drusa-), 3+1 (Eriostemones-, Tulipa tetraphylla-), тетраполярные – 1+1+1+1 (Penaea-, Plumbago-) и даже полиполярные (Peperomia-). Кроме важной роли цитоскелета в становлении поляризации, следует подчеркнуть значение формы зародышевого мешка. Например, у видов *Peperomia* различная форма зародышевого мешка, обусловленная разной степенью разрушения окружающих тканей нуцеллуса, приводит к разному распределению ядер в ценоците (Никитичева и др., 1981). Скоррелированность процессов развития зародышевого мешка с окружающими тканями семязачатка имеет очень большое значение в становлении полярности ценоцита. Так у *Euphorbia palustris* при тетраспорическом Penaea-типе развития зародышевого мешка становление его тетраполярной организации происходит через последовательную смену с биполярной организации 2+2, через биполярную 1+3, к тетраполярной 1+1+1+1, что связано с изменением вектора роста ценоцита, обусловленного различными темпами разрушения окружающих тканей с микропилярного и халазального полюсов (Виноградова, 2017).

3. Клеткообразование и специализация клеток зародышевого мешка. Последний митоз завершается образованием клеточных перегородок. Механизм этого процесса пока слабо изучен, но в свете недавних молекулярно-генетических исследований *Arabidopsis thaliana* показано, что в процесс клеткообразования вовлечен локус *GEM2*, контролирующий образование протеина GEM2, необходимого для построения микротрубочек и организации фрагмопласта; мутация *gem2* приводит к отсутствию образования клеток (Park *et al*., 2004).

Несмотря на кажущуюся консервативность в специализации элементов зародышевого мешка, этот этап гаметофитогенеза также очень лабилен и при изменении каких-либо условий клетки могут переходить на другой, не характерный для них путь развития. В литературе имеются многочисленные примеры формирования так называемых «яйцеклеткоподобных» синергид и антипод, хотя морфологические, ультраструктурные, биохимические исследования этих клеток подтверждают, что они являются полноценными яйцеклетками и могут выполнять ту же функцию – участвовать в оплодотворении, чему есть примеры.

По мнению некоторых исследователей, в определении судьбы клеток женского гаметофита ключевую роль играет позиционная информация, т.е. специализация клетки зависит от ее топографии в системе морфогенетического градиента питательных веществ в зародышевом мешке; при попадании клетки не в «свою» зону, она меняет специализацию (Еналеева, 2002). В качестве морфогена, контролирующего дифференциацию клеток женского гаметофита, предложен ауксин (Pagnussat *et al*., 2009). Кроме того, обнаружены 3 гена *LACHESIS* (*LIS*), *CLOTHO/GAMETOPHYTIC FACTOR 1* (*CLO/GFA1*), *ATROPOS* (*ATO*), которые отвечают за специализацию клеток и возможность переключения программы развития при нарушениях. Так, у мутантов *lis*, клетки, специализированные как синергиды, экспрессируют маркеры, специфичные для яйцеклетки, а антиподы проявляют маркеры центральной клетки

(Völz *et al*., 2012).

Таким образом, данные факты свидетельствуют, что развитие зародышевого мешка – сложный процесс, в который вовлечены разнообразные факторы (генетические, физиологические, позиционная информация, сигналинг из окружающих тканей и др.), и на любом этапе возможны изменения, приводящие к поливариантности развития женского гаметофита, подтверждая его высокую пластичность.

Female gametophyte of Angiosperms: polyvariancy of developmental programs

Vinogradova G.Yu.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

The female gametophyte of flowering plants is heavily reductive structure (up to a few cells) developing within the tissues of the mother plant. Embryo sac of the most families contains 7 cells - the egg, 2 synergids, 3 antipodals and central cell with two polar nuclei, which merging or not mergining before fertilization. Despite the limited number of cells, the female gametophyte is a highly organized structure, each cell of which performs a specific function in the process of the maturation embryo sac and fertilization. Embryo sac is a plasticity system that expressed not only in its structural diversity, but also in the variability of development programs and the possibility of "switch on" its "reserves" (the formation of the additional egg cells, embryo sacs and transverse to apomixis).

We can highlight 3 key phases, which involves mechanisms leading to polyvariancy of the embryo sac developmental programs.

1. Megasporogenesis is a process associated with the meiosis and the formation of megaspores, giving the rise to the gametophyte. At this stage the type of the embryo sac development and the megaspores number, which will be take part in its formation is determined. The type of the embryo sac development depends on the presence of the cytokinesis stage in meiosis I and II: monosporic (cytokinesis occurs after both division), bisporic (cytokinesis occur after meiosis I only) and tetrasporic (cytokinesis is absent after both division) types. Monosporic Polygonum-type is the most common among the Angiosperms, however, the largest number of different types observe at the tetrasporic development, that linked with the polarization and the number of division on the coenocytic stages, as well as the character of the cells specialization after cellularization. Unfortunately, there are very few data about factors leading to different ways of megasporogenesis now. According to D. Haig (1990), the way of the female gametophyte development is genetic controlled algorithm, and the changes in this program resulted in its various forms (mono-, bi-or tetrasporic development). Also the important role of the nutrients transport in the process of the megasporogenesis and megasporocyte characteristics: callose distribution on the cell wall, its polarization and localization of its organelles (Rodkiewicz, 1970; De Boer-De Jeu, 1978).

The questions about the absence of the cytokinesis in meiosis during tetrasporic development and factors governing this process are not studied. Perhaps some signals coming from maternal tissues influence on the megasporogenesis. For example, the parietal tissue, accumulating and delivers nutrients to embryo sac, is very importance. Based on varying degrees of massiveness and the time of the parietal tissue destruction in the *Dioscorea* species with mono- (Polygonum-) and tetrasporic (Drusa-) embryo sac development types (the parietal tissue is less massive and early destructive in tetrasporic development), we suggest that the female gametophyte development to the tetrasporic type comes with less energy consumption and with common intensification of the nutrients transport and likely require fewer nutrients to realize the megasporogenesis processes and gametophyte formation (Torshilova *et al*., 2016). This is confirmed by the example of *Euphorbia* species: parietal tissue is formed less massive and its layers adjacent to embryo sac are lysing after meiosis in *E. palustris* with tetrasporic Penaea-type compared with *E. virgata* with monosporic Polygonum-type (Vinogradova, 2017). This data reveals the correlations between the developmental processes of gametophyte and maternal tissues and the influence of the latter on the embryo sac fate.

2. Coenocyte stages of embryo sac development. Presence of the mitotic divisions after meiosis, which pass without cytokinesis, is character for all types of development of female gametophyte. The number of the divisions can be different, the maximum of the mitoses 3, can be 2 or even 1; last division is accompanied by cytokinesis, and embryo sac can contain from 4 up to 15 cells depending on the number of nuclei. A.G. Smirnov (1982) believes that the coenocyte formation associated with maximizing the absorption of nutrients from the surrounding tissues and their accumulating in large vacuole. Distribution of nuclei at coenocyte stages (polarization) is a significant process in gametophyte development. Unfortunately, the mechanisms that control the nuclei migration are poorly studied. According to some researchers microtubules and motor proteins participate in this process (Sprunck, Gross-Hardt, 2011).

The polarization process in tetrasporic development begins at the stage of meiosis that leads to diversity of the types of development: bipolar 2+2 (Adoxa-, Plumbagella-), 1+3 (Fritillaria-, Drusa-), 1+3 (Eriostemones-, Tulipa tetraphylla-), tetrapolar 1+1+1+1 (Penaea-, Plumbago-) and even polipolar (Peperomia-) types. In addition to the important role of the cytoskeleton in the polarization establishment, should emphasize the importance of the embryo sac shape. For example, in *Peperomia* species different shapes of the embryo sac depending to varying degrees of destruction of surrounding tissue of nucellus, leads to a different distribution of nuclei in coenocyte (Nikiticheva *et al*., 1981). Correlations between the processes of development of the embryo sac and surrounding ovule tissue is very important in the establishment of the coenocyte polarity. In Euphorbia palustris which have tetrasporic Penaea-type development establishment of the tetrapolar organization of embryo sac going through successive stages: from bipolar 2+2, via bipolar 1+3 to tetrapolar 1+1+1+1 that linked with the change of the coenocyte growth vector resulting from the different temps of the destruction of the surrounding tissue on micropylar and chalazal poles (Vinogradova, 2017).

3. Embryo sac cellularization and a specialization of its cells. The last mitosis completes the formation of cell walls. The mechanism of this process still poorly understood, but recent molecular genetic studies of *Arabidopsis thaliana* shows that locus *GEM2* monitoring formation of GEM2 protein required for microtubule building and phragmoplast organization involved

in cellularization process; mutation *gem2* results in lack cells formation (Park *et al*., 2004).

Specialization of elements is very labile stage in megagametogenesis, the embryo sac cells can change their specialization depending to any factors. There are numerous examples in the literature of the formation of the so-called "egg cell-like" sinergids and antipodals, although morphological, ultrastructural, biochemical studies of these cells confirm that they are real egg cells and can perform the same function - participate in fertilization.

According to some researchers, positional information plays a key role in determining the fate of the female gametophyte cells, i.e. cell specialization depends on the its topography in the system of morphogenetic nutrient gradient in embryo sac; when cells ingested in no "his" area, it changes its specializations (Enaleeva, 2002). As morphogen, controlling cell differentiation, proposed auxin (Pagnussat *et al*., 2009). In addition, 3 gene *LACHESIS* (*LIS*), *GAMETOPHYTIC FACTOR 1/CLOTHO* (*CLO/GFA1*), *ATROPOS* (*ATO*) that are responsible for the specialization of cells and the ability to switch developmental programs are found. In *lis*-mutant synergids express the markers specific for egg cell and antipodals express the central cell markers (Völz *et al*., 2012).

Thus, these facts show that the embryo sac development is a complex process with involving different factors (genetic, physiological, positional information, signaling from the surrounding tissue, etc.), and at any stage the changes leading to the polyvariancy of development are possible, that confirming high plasticity of the female gametophyte.

References:

De Boer-De-Jeu MJ. 1978. Megasporogenesis. A comparative study of the ultrastructural aspects of megasporogenesis in *Lilium*, *Allium* and *Impatiens*. *Meded. Landbouwhogescoll. Wageningen*. 78(16): 1-128.

[Enaleeva] Еналеева Н.Х. 2002. О цитологическом механизме «нормальной» и «аномальной» дифференциации клеток мегагаметофита покрытосеменных растений. В кн.: *Репродуктивная биология, генетика и селекция: Сб. науч. тр., посв. 90-летию со дня рожд. проф. С.С. Хохлова*. Саратов. С. 47–54.

Haig D. 1990. New perspectives on the angiosperm female gametophyte. *Bot. Review*. 56(3): 236-274.

[Nikiticheva *et al.*] Никитичева З.И., Яковлев М.С., Плющ Т.А. 1981. Развитие семяпочки, зародышевого мешка, зародыша и эндосперма у некоторых видов *Peperomia* (Piperaceae). *Бот. журн*. 66(10): 1388-1397.

Pagnussat GC, Alandete-Saez M, Bowman JL, Sundaresan V. 2009. Auxin-dependent patterning and gamete specification in the *Arabidopsis* female gametophyte. *Science* 324(5935): 1684–1689.

Park SK, Rahman D, Oh SA, Twell D. 2004. *Gemini pollen 2*, a male and female gametophytic cytokinesis defective mutation. *Sex. Plant Reprod*. 17(2): 63-70.

Rodkiewicz B. 1970. Callose in cell walls during megasporogenesis in angiosperms. *Planta* 93(1): 39-47.

[Smirnov] Смирнов А.Г. 1982. *Женский гаметофит покрытосеменных и его эволюция*. Казань. 120 с.

Sprunck S, Gross-Hardt R. 2011 Nuclear behavior, cell polarity, and cell specification in the female gametophyte. *Sex. Plant Reprod*. 24(2): 123-136.

[Torshilova *et al.*] Торшилова А.А., Виноградова Г.Ю., Титова Г.Е. 2016. Развитие семязачатка и зародышевого мешка у *Dioscorea caucasica* (Dioscoreaceae). *Бот. журн*. 101(4): 377-396.

[Vinogradova] Виноградова Г.Ю. 2017. Морфогенез женских репродуктивных структур у видов *Euphorbia* (Euphorbiaceae), различающихся по типу развития зародышевого мешка. *Бот. журн*. 102(8): 1060-1093.

Völz R, von Lyncker L, Baumann N et al. 2012. *LACHESIS*-dependent egg-cell signaling regulates the development of female gametophytic cells. *Development* 139(3): 498-502.

Фактическая семенная продуктивность некоторых европейских видов *Sparganium* (Typhaceae)

Беляков Е.А.
Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, п. Борок, Ярославская обл., Россия;
Череповецкий государственный университет, Череповец, Россия
eugenybeliakov@yandex.ru

Изучение семенной продуктивности различных видов растений важно, как в теоретическом, так и в практическом отношениях. Эти сведения могут быть полезны не только для понимания адаптационных механизмов приспособления растений к окружающей среде, но и для осознания их роли в фитоценозе (Ходачек, 1970).

Основной целью данной работы было выявление фактической семенной продуктивности (ФСП) некоторых европейских видов *Sparganium*.

Изучение показателя ФСП осуществляли в соответствие с методикой И.В. Вайнагия (1974). Под ФСП, мы, вслед за данным автором, понимаем общее число семян на побеге.

Наибольшее значение ФСП отмечено нами для монокарпических побегов *S. emersum* Rehm. (подрод *Xanthosparganium*) и *S. erectum* L. (подрод *Melanosparganium*) – 1275±425 и 800±105 плодов, соответственно. У *S. microcarpum* (Neum.) Domin. (подрод *Melanosparganium*) показатель ФСП почти в два раза ниже (465±121) по сравнению со *S. erectum*. По снижению ФСП остальные виды подрода *Xanthosparganium* формируют следующий ряд: *S. glomeratum* (Laest.) L. Neum. (644±140) > *S. gramineum* Georgi. (632±76) > *S. hyperboreum* Laest. (223±80) > *S. natans* L. (68±25).

Важными факторами, влияющими на ФСП у ежеголовников, являются число соплодий на побеге и размерные характеристики плодов. Так, например, у *S. erectum* монокарпический побег несёт нередко большее число соплодий, по сравнению со *S. microcarpum* (8±2 и 5±2 шт., соответственно). Наряду с этим, число плодов в соплодиях у первого меньше (по сравнению со вторым), в связи с их большим диаметром. Размерные характеристики растения также важны. Например, *S. hyperboreum* и *S. natans* имеют меньшие размеры по

сравнению с другими видами *Sparganium* и, соответственно, продуцируют меньшее число плодов независимо от числа реализованных соплодий. Отметим, что число реализованных соплодий зависит как от экологических условий местообитания (характер грунта, глубина и т.п.), так и от конкретной экологической формы растения (наземной, полупогруженной или погруженной) в период цветения.

The actual seed productivity of some European species of *Sparganium* (Typhaceae)

Belyakov E.A.
Papanin Institute for Biology of Inland Waters of the Russian Academy of Sciences, Borok, Russia
Cherepovets State University, Cherepovets, Russia

Investigation of seed productivity of different plant species is both theoretically and practically important. This information may be useful not only for understanding the mechanisms of plant adaptation to the environment, but also may help to realize their role in phytocoenosis (Khodachek, 1970).

The main aim of this study was to reveal the actual seed productivity (ASP) of some European species of *Sparganium*.

The study of the ASP value was conducted according to the technique of I.V. Vainagia (1974). Following this author, by ASP we mean the total number of seeds on a shoot.

The highest ASP value was registered for monocarpic shoots in *S. emersum* Rehm. (the subgenus *Xanthosparganium*) and *S. erectum* L. (the subgenus *Melanosparganium*) – 1275±425 and 800±105 fruits, correspondingly. In *S. microcarpum* (Neum.) Domin. (the subgenus *Melanosparganium*), ASP value is almost twice lower (465±121) as compared to *S. erectum*. The rest of the species in the subgenus *Xanthosparganium* show decreasing ASP in the following order: *S. glomeratum* (Laest.) L. Neum. (644±140) > *S. gramineum* Georgi. (632±76) > *S. hyperboreum* Laest. (223±80) > *S. natans* L. (68±25).

Important factors effecting ASP in *Sparganium* are the number of compound fruits on a shoot and sizing features of fruits. So, for example, in *S. erectum*, a monocarpic shoot has more compound fruits as compared to *S. microcarpum* (8±2 and 5±2, correspondingly). Besides, the number of fruits in compound fruits is lower in the first case (than in the second), which is connected with their bigger diameter. Sizing features of a plant are also important. For example, *S. hyperboreum* and *S. natans* are less sized in comparison with other *Sparganium* species and produce less fruits irrespective of the number of realized compound fruits. It should be mentioned that the number of realized compound fruits depends on the environmental conditions of a habitat (ground, depth etc.), as well as on a particular ecological form of a plant (terrestrial, emersed or submersed) in the flowering period.

Проращивание семян *Cymbidium dayanum* Rchb. (Orchidaceae) *in vitro*

Беседина А.В.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
besedina.nastya2106@gmail.com

Cymbidium dayanum – редкий тропический вид. Высокодекоративный, пользуется спросом у любителей орхидей. Обычно имеет цветки розового цвета. Редко встречаются особи с белыми цветками. Цель настоящего исследования заключалась в оптимизации условий проращивания семян белоцветковой формы *C. dayanum*. В литературе сведения о семенном размножении этой редкой формы отсутствуют. Для посадки были взяты сформированные семена, их высевали на модифицированную питательную среду по Harvais (1973). После посадки культуры содержали при комнатной температуре (18–20ºС), часть на постоянном искусственном освещении, другие в темноте. Наблюдения проводили раз в неделю. На момент посева средняя длина семени составляла 818.9±10.0 мкм, средняя длина зародыша – 132.9±3.0 мкм, эти параметры практически совпадают с литературными данными (Коломейцева и др., 2012). Однако один параметр – ширина зародыша, существенно отличается от них, в нашем исследовании он был в 2 раза меньше – 73.8±1.9 мкм, по сравнению с 130±9 мкм (литературные данные).

Через 4 недели культивирования в темноте средний размер зародышей составил 215,1±9,0 мкм в длину и 129,5±4,0 мкм в ширину, на свету – 142,8±3,7 мкм и 100,7±2,5мкм, соответственно. Появление первых протокормов отмечено через 5 недель культивирования в темноте, и только спустя 12 недель культивирования в условиях освещенности. Результаты проведенного эксперимента отличаются от литературных данных, согласно которым семена *C. dayanum* прорастают на свету (Chang *et al*., 2005; Nongdam, Chongtham, 2012). Однако по литературным сведениям проращивание семян проводили при более высокой температуре (24ºС), чем в нашем эксперименте. Возможно, что для данного вида механизм торможения прорастания семян снимается только при совместном действии двух факторов и температуры и освещенности. Оптимальными являются сочетания следующих факторов – высокая температура + свет и низкая температура + темнота.

Seed germination of *Cymbidium dayanum* Rchb. (Orchidaceae) *in vitro*

Besedina A.V.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

Cymbidium dayanum is a rare tropical species. It is highly decorative, enjoys demand in the amateurs of orchids. It

usually has flowers of pink color. Rarely individuals with white flowers are observed. The purpose of the present investigation was to optimize conditions for the germination of the white form of *C. dayanum*. There are no data on seed reproduction of this rare form in literature. For planting, formed seeds were taken, they were sown on a modified nutrient medium by Harvais (1973). After planting, the crops were kept at room temperature (18–20ºC), part of them in constant artificial lighting, others in the dark. Observations were made once a week. At the time of sowing, the average length of the seed was 818.9±10.0 microns, the average length of the embryo – 132.9±3.0 microns, these parameters almost coincide with the literature data (Kolomeytseva *et al*., 2012). However, one parameter, the width of the embryo, is significantly different from them, in our study it was 2 times less – 73.8±1.9 microns, compared with 130±9 microns (literature data).

After 4 weeks of cultivation in the dark, the average size of the embryos was 215.1±9.0 microns in length and 129.5±4.0 microns in width, in light conditions – 142.8±3.7 microns and 100.7±2.5 microns, respectively. The appearance of the first protocorm was observed after 5 weeks of cultivation in the dark, and only after 12 weeks of cultivation in light conditions. The results of the experiment differ from those in literature, according to which *C. dayanum* seeds germinate in the light (Chang *et al*., 2005; Nongdam, Chongtham, 2012). However, seed germination was reported to have been carried out at a higher temperature (24ºC) than in our experiment. It is possible that the mechanism of inhibition of seed germination could be removed only under the combined effect of both light and temperature. The combinations of the following factors prove optimal: high temperature + light and low temperature + the darkness.

Репродуктивные стратегии злаков, доминирующих в степных сообществах Саратовской области

Кайбелева Э.И.[1], Юдакова О.И.[1], Архипова Е.А.[1], Лысенко Т.М.[2,3]
[1] Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия;
[2] Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;
[3] Институт экологии Волжского бассейна РАН, Тольятти, Россия
kaybeleva-elmira@mail.ru, ltm2000@mail.ru

Вопрос о значении апомиксиса в эволюции покрытосеменных растений до сих пор остается дискуссионным. Для его решения важны данные об участии апомиктов в сложении фитоценозов. Целью настоящей работы явилась диагностика способа семенной репродукции и определение репродуктивной стратегии злаков, доминирующих в степных сообществах Саратовской области. Семейство Злаки – не только одно из самых крупных семейств покрытосеменных, но и один из лидеров по числу апомиктичных форм. Из 147 изученных степных фитоценозов Саратовской области злаки доминируют в 104 (71%). Установлено, что репродуктивная стратегия доминантных злаков базируется на сочетании вегетативного и семенного размножения. Анализ способа семенной репродукции показал, что в 45,4% фитоценозов апомиктичные виды являются доминантами и еще в 25% фитоценозов – субдоминантами. Выявлены незначительные, но достоверные отличия между сообществами с доминированием половых злаков и фитоценозами с доминированием апомиктов по индексам Шеннона и Симпсона. Доминантные апомиктичные злаки характеризуются меньшим проективным покрытием и доминируют в сообществах с меньшим разнообразием. Таким образом, переход растений на апомиксис не снижает их адаптивных возможностей. Апомиктичные злаки успешно конкурируют с половыми видами.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке бюджетных тем БИН РАН №0126-2016-0002, ИЭВБ РАН №АААА-А17-117112040040-3, гранта РФФИ №16-04-00747а, Минобрнауки России в рамках базовой части государственного задания №6.8789.2017/БЧ.

Reproductive strategies of cereals dominating in the steppe communities of the Saratov region

Kaybeleva E.I.[1], Yudakova O.I.[1], Arkhipova E.A.[1], Lysenko T.M.[2,3]
[1] Saratov State University, Saratov, Russia;
[2] Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia;
[3] Institute of Ecology of the Volga River Basin of the Russian Academy of Sciences, Togliatti, Russia

The question of the significance of apomixis in the angiosperms evolution is still debatable. To solve it, data on the participation of apomicts in the composition of phytocoenosis are important. The purpose of our work was to diagnose the mode of seed reproduction and determine the reproductive strategy of cereals that dominate in the steppe communities of the Saratov region. Cereals are not only one of the largest families of angiosperms, but it is also one of the leaders in the number of apomictic forms. Cereals dominate in the 104 (71%) from the 147 studied steppe phytocoenosis in the Saratov region. It is established that the reproductive strategy of dominant cereals is based on the combination of vegetative and seed reproduction. The analysis of the mode of seed reproduction showed that apomictic species are dominant in 45.4% of the phytocoenosis and subdominant in 25% of them. The differences between phytocoenosis with dominant sexual cereals and with dominant apomicts in the Shannon and Simpson indices were found. Dominant apomictic cereals are characterized by a smaller projective covering and dominate in communities with less diversity. Thus, the transition of plants to apomixis does not reduce their adaptive capacity. Apomictic cereals successfully compete with sexual species.

The work was partially supported by the budgetary support of the BIN RAS No. 0126-2016-0002, the Institute for International Development of the Russian Academy of Sciences No. AAAA-A17-117112040040-3, the RFBR grant No. 16-04-00747a, the Ministry of Education and Science of Russia within the framework of the state task 6.8789.2017 / BC.

Необычайно низкая жизнеспособность семян у *Orchis purpurea* ssp. *purpurea* (Orchidaceae) в тесте на проращивание в культуре *in vitro*

Ковалева А.А., Андронова Е.В.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
bzu@narod.ru

Проанализирована жизнеспособность семян и семенного потомства редкого таксона (КР РФ, 2008) *O. purpurea* ssp. *purpurea* из двух местонахождений полуострова Крым. Посев производили на модифицированную питательную среду по Harvais (1973), использовали незрелые сформированные семена. Выявлена гетерогенность по размерам зародыша и по длине суспензора, как в образцах семян от разных особей, так и внутри одного и того же плода. Обнаружены аномалии в строении суспензора и внутреннего интегумента: суспензор малоклеточный не выходит за пределы семени, внутренний интегумент состоит из нескольких слоев клеток, массивный в микропилярной части. Кроме того, наблюдалась гетерогенность по стадии развития зародыша и по числу клеток его тела. В некоторых плодах обнаружены семена с зародышем, состоящим из 2–3 клеток и семязачатки с зародышевыми мешками, что свидетельствует о недостаточности опыления. Семена некоторых особей имели достаточно крупный зародыш с глобулами запасного белка в клетках, что соответствует начальной стадии созревания семени. Из них сеянцы не были получены, т.к. стадия развития семян была неоптимальной. Большое число сеянцев было получено только в случае посадки семян, которые имели зародыш с длинным (7–9 клеток) суспензором, который выходил через микропиле наружу из семени, а внутренний интегумент состоял всего из одного слоя клеток. Обращено внимание на необычный факт массовой гибели семян на начальной стадии их прорастания. Цитоэмбриологическое исследование показало, что в процессе прорастания происходил только рост клеток зародыша без их деления, у формирующейся структуры отсутствовала зональность по размерам клеток, и не формировался апекс побега. Итак, из семян 43 растений получены потомки от 14, из них от 10 единичные. Сделано заключение, что имеет место низкая реальная семенная продуктивность из-за недоопыления, летальных аномалий развития суспензора и тела зародыша, особенно из-за массово проявившейся неспособности проростков формировать апекс побега.

Extraordinarily low viability of *Orchis purpurea* ssp. *purpurea* (Orchidaceae) seeds in the germination test by *in vitro* culture

Kovaleva A.A., Andronova E.V.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

The viability of seeds and seed posterity of the rare taxon *O. purpurea* ssp. *purpurea* from two locations of the Crimea was analyzed. Sowing was produced to a modified nutrient medium according to Harvais (1973). For the sowing unripe formed seeds were used. The studies revealed heterogeneity in the dimensions of the embryo and the suspensor length, both in the capsules from different individuals and in the case of one and the same capsule. Anomalies in the structure of the suspensor and the internal integument were observed. The suspensor consists of a small number of cells, does not exceed the seed; the internal integument consists of several layers of cells, it is especially massive in the micropyle. Furthermore, heterogeneity was observed at the stage of the embryo development. In a few capsules seeds consisted of 2–3 cells; also there were ovules with embryonic bags, which indicates insufficient pollination. The seeds of some individuals had a sufficiently large embryo with protein bodies in the cells, corresponding to the beginning of seed ripening. Seedlings could not be obtained from such seeds, because the stage of their development was not optimal. A large number of seedlings were obtained from seeds with the embryo having a long (7–9 cells) suspensor, which left the seed through the micropyle. The internal integument consisted of one layer of cells. Of special notice is the extraordinary fact of mass seed death at the initial stage of germination. Cytoembryological study has shown that during germination the embryo cells were growing without dividing. The growing structure had no zones for cell sizes, and the shoot apex was absent. Thus, among the 43 plants only 14 produced offsprings from the seeds, of which 10 produced single ones. It was concluded that such a low real seed productivity took place because of the lack of pollination, the lethal anomalies of the embryo body and the suspensor development, especially because of the incapacity of seedlings to form the shoot apex.

Микроклонирование и сохранение линейного материала в селекционном процессе сахарной свёклы

Колесникова Е.О., Жужжалова Т.П.
Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова, Рамонь, Россия
kolelkbn@mail.ru

Поддержание у гибридов сахарной свёклы селекционно ценных свойств является актуальной проблемой, поскольку основной способ воспроизведения культуры – семенной, когда сложно сохранять генетическую однородность созданных форм. Использование гибридизации и других приемов вызывает генетическую изменчивость. Поэтому селекционная работа направлена на длительный отбор линейного материала по

выравненности признаков, сохранению качества семян и высоких показателей полезных свойств. В связи с этим целесообразным явилось внедрение в селекционный процесс массового клонального размножения сахарной свёклы, при котором полученные растения генетически идентичны исходному.

Выполнение данных исследований предусматривало диагностику и отбор в открытом грунте линий ЦМС, О-типа, опылителя по важным признакам, в том числе на основе ДНК-маркеров. Использование для введения апикальных меристем как наиболее генетически стабильных с высокой морфогенной способностью, питательной среды В5, гормонов способствовало активации адвентивного побегообразования и получению микроклонов компонентов гибрида. Мультипликация растений производилась в течение четырех пассажей. Часть микроклонов переводилась в генетический банк для длительного сохранения компонентов гибридов *in vitro*. У основной массы регенерантов производилась индукция ризогенеза. Укоренившиеся микроклоны переводили в условия *ex vitro* для формирования штеклингов. Успех этого процесса определялся созданием при адаптации в закрытом грунте условий оптимальной влажности, отсутствием патогенов, подкормками. Растения за 4 месяца формировали штеклинги массой 40–100 г. После уборки и яровизации корнеплоды передавались для высадки в открытый грунт и получения семян элиты.

Таким образом, применение биотехнологических приёмов позволяет менее чем за 3 года получать семена компонентов гибрида с улучшенными признаками при снижении затрат и времени и поддерживать коллекцию ценных форм с возможностью воспроизведения и вовлечения в селекционный процесс.

Microcloning and maintenance of lines material in sugar beet breeding process

Kolesnikova E.O., Zhuzhzhalova T.P.
A.L. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar, Ramon, Russia

Maintenance of characteristics valuable for breeding in sugar beet hybrids is an urgent problem, as the main method of the crop reproduction is propagation by seeds, when genetical uniformity of the developed forms is difficult to maintain. The use of hybridization and other methods causes genetical variability. Therefore, breeding work is aimed at long-time selection of lines material according to uniformity of traits, maintenance of seed quality and high indexes of useful characteristics. In this connection, application of mass clonal propagation in sugar beet breeding process, when the obtained plants are genetically identical to the initial one, is expedient.

The research involved diagnostics and field selection of CMS lines, O-type, and pollinator according to important characteristics using DNA-markers. The use of apical meristems, as the most genetically stable and with high morphogenetic ability for *in vitro* culture, the nutrient medium B5, and hormones, promoted activation of adventive shoot formation and obtaining of microclones of a hybrid components. Plant multiplication was performed during no less than four passages. Some of the microclones were transferred to the bank of clones for long *in vitro* storage of hybrid components. In most of the regenerants, rhizogenesis was induced. Rooted microclones were placed under conditions for stecklings formation *ex vitro*. The success of this process depended on the conditions of optimum humidity during adaptation in a greenhouse, on the absence of pathogens, and on the nutrients. Within 4 months, plants formed stecklings with the mass of 40–100 g. After harvesting and vernalization, beet roots were transplanted to the open soil to obtain elite seeds.

Thus, application of biotechnology methods allows obtaining seeds of hybrid components with improved characteristics in less than 3 years, with cost and time reduction, and helps to maintain a collection of valuable forms with the possibility of reproduction and involvement in the breeding process.

Особенности ввода в культуру *in vitro* ряда редких растений Удмуртии

Кузнецова Е.Н.
Удмуртский государственный университет, Ижевск, Россия
pteris-2008@mail.ru

Создание коллекции *in vitro* дает возможность сохранения редких и исчезающих видов растений вне их природных местообитаний. Для ввода в стерильную культуру и дальнейшего культивирования используются различные экспланты, в том числе плоды и семена. Однако при использовании семенного материала необходимо учитывать различные аспекты биологии семян и влияние используемых химических веществ на прорастание семян.

В качестве объектов исследования были выбраны виды, занесенные в Красную книгу Удмуртской Республики (2012): *Aster amellus* L. (3 статус редкости), *Digitalis grandiflora* Mill. (2) и *Pulsatilla uralensis* (Zämelis) Tzvelev (3). Для определения жизнеспособности семенного материала и для ввода в культуру *in vitro* использовались общепринятые методики.

Эксперименты показали, что только для *D. grandiflora* необходимо использование стратификации (всхожесть составила 86,7%±4,4). Семена *A. amellus* и *P. uralensis* прорастают на свету при 25°С (всхожесть 60,0%±5,8 и 88,3%±3,1 соответственно). При использовании стерилизующих агентов показатель всхожести у всех изученных видов снижен, что связано с высокой долей инфицированных и нежизнеспособных семян. Для *A. amellus* и *P. uralensis* наилучшим вариантом дезинфектантов явилось сочетание 70%-ного этилового спирта и 15%-ной перекиси водорода (всхожесть 30,0%±5,8 и 80,0%±5,8). При обработке семян *D. grandiflora* наиболее щадящим комплексом оказалось сочетание 70%-ного этилового спирта и 10%-ного раствора препарата «Белизна» (всхожесть 50,0%±5,0). Также для всех исследованных видов в условиях *in vitro* отмечено замедление процесса

прорастания семян и дальнейшего развития проростков по сравнению с аналогичными показателями в нестерильных условиях. Так, прорастание *A. amellus* в нестерильных условиях начинается на 4–6 день от начала наблюдения, пик прорастания наблюдается 12–14 день. В условиях *in vitro* данный вид начинает прорастать на 8–10 день, а пик приходится примерно на 18–20 день.

The features of *in vitro* introduction of some rare plants of Udmurtia

Kuznetsova E.N.
Udmurt State University, Izhevsk, Russia

The creation of an *in vitro* collection gives an opportunity to preserve rare and endangered plant species outside their natural habitats. Various explants, including fruits and seeds, are used for the introduction into the sterile culture and further cultivation. However, when using a seed material it is necessary to consider various aspects of the seed biology and the effect of the chemicals used on seed germination.

The objects of the research are the three rare species listed in the Red Book of Udmurt Republic (2012): *Aster amellus* L. (3 status of rarity), *Digitalis grandiflora* Mill (2) and *Pulsatilla uralensis* (Zämelis) Tzvelev (3). Generally accepted methods were used to determine the viability of the seed material and for the introduction into the culture *in vitro*.

The experiments have shown that stratification is necessary only for *D. grandiflora* (germination rate was 86.7%±4.4). The seeds of *A. amellus* and *P. uralensis* germinate in the light at 25°C (germination rate 60.0%±5.8 and of 88.3%±3.1, respectively). When using sterilizing agents, the germinating capacity of all studied species is reduced, which is associated with a high proportion of infected and non-viable seeds. For *A. amellus* and *P. uralensis* the best disinfectant option was a combination of 70% ethyl alcohol and 15% hydrogen peroxide (germination 30.0%±5.8% and 80.0%±5.8%). The most gentle complex for the seeds of *D. grandiflora* was the combination of 70% ethyl alcohol and 10% solution of the preparation "Belizna" (germination 50.0%±5.0). Also, for all studied species the process of seed germination and further development of seedlings *in vitro* conditions slowed down compared to similar indicators in non-sterile conditions. Thus, the germination of *A. amellus* in non-sterile conditions begins on 4–6 days since the initiation of observation, the germination peak is observed on 12–14 days. *In vitro* conditions this species begins to germinate on 8–10 days, and the peak is observed on 18–20 days.

Формирование семени у *Euphorbia myrsinites* L. (подрод *Esula* Pers, род *Euphorbia* L., Euphorbiaceae)

Нюкалова М.А., Титова Г.Е.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
mnyukalov@gmail.com

Система подрода *Esula* Pers. рода *Euphorbia* (Euphorbiaceae), была также пересмотрена на основании данных молекулярной филогенетики (Riina *et al*., 2013). Выделены 21 секции: две секции (*Lagascae* Lázaro, *Lathyris* Dumort.) образуют базальные клады, остальные – две крупные продвинутые клады: I клада – секции *Holophyllum* (Prokh.) Prokh. и *Helioscopia* Dumort., II клада – секции *Myrsiniteae* (Boiss.) Lojac., *Esula* (Pers.) Dumort. и др. Новая система требует проверки, в т.ч., с привлечением эмбриологических признаков. Предварительный анализ показал, что основные различия между видами двух крупных клад состоят в особенностях развития их семени – степени выраженности эндопахихалазы и постхалазального ветвления и специфике строения тесты (наличие/отсутствие сферокристаллов, СК) (Гельтман и др, 2015; Титова и др., 2017). Для подтверждения гипотезы необходим анализ большего числа видов.

В результате исследования развития семени у слабоизученного *E. myrsinites* (секция *Mirsiniteae*, II клада), установлено, что этот процесс у данного вида в целом сходен с таковым других изученных видов подрода: наличие гемитропного, крассинуцеллятного, битегмального семязачатка с выраженной клювовидной структурой нуцеллуса и эндопахихалазой (ЭПХ), нуклеарного типа эндосперма, дифференцированного зародыша в зрелом семени; формирование семенной кожуры на основе двух интегументов – с паренхиматозной тестой и тегменом с экзотегменом из макросклереид. На поздних стадиях процесс развития ЭПХ у *E. myrsinites* (как и у других изученных видов II клады) сопровождается вхождением окончаний проводящего пучка рафе только в гипостазу, что сопряжено с появлением СК в тесте. Вхождение окончаний в подиум нуцеллуса, свойственное видам I клады и сопряженное с отсутствием СК в тесте, не характерно. Таким образом, подтверждена выявленная ранее зависимость между глубиной вхождения окончаний проводящего пучка в халазальную часть семени и признаком «наличие/отсутствие СК» в тесте, а также высказанное предположение об основных различиях между видами двух крупных клад подрода *Esula*.

Seed formation of *Euphorbia myrsinites* L. (subgenus *Esula* Pers, genus *Euphorbia* L., Euphorbiaceae)

Nyukalova M.A., Titova G.E.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

The system of the subgenus *Esula* Pers. genus *Euphorbia* (Euphorbiaceae), was recently revised based on molecular phylogenetic data (Riina *et al*., 2013). 21 sections are identified: two sections (*Lagascae* Lázaro, *Lathyris* Dumort.) form basal clades, the rest divide onto two large advanced clades: the I clada – the sections of *Holophyllum* (Prokh.) Prokh. and

Helioscopia Dumort., the II clada – sections *Myrsiniteae* (Boiss.) Lojac., *Esula* (Pers.) Dumort., etc. The new system requires verification, including the involvement of embryological features. Preliminary analysis showed that the main differences between the species of the two large clades are the characteristics of seed development: the degree of expression of endopahihalase and post-chalazal branching and the specificity of testa structure (presence/absence of spherical crystals, SC) (Geltman *et al*., 2015; Titova *et al*., 2017).

As a result of the study of the seed development in poorly studied *E. myrsinites* (section *Myrsiniteae* of II clade), it was established that this process in the species as a whole is similar to that of other studied species of the subgenus: the presence of hemitropic, krassinucellate, bitegmal ovule with a pronounced corium-like nucellus structure and endopyhychalase (EPC), the nuclear type of endosperm, a differentiated embryo in mature seed; the formation of a seed skin on the basis of two integuments – with a parenchymal test and a tegmen with an exotegment from macroscleride. At the later stages, the development of EPC in *E. myrsinites* (as in other studied II clade species) is accompanied by the entry of the endings of the conductive bundle only into the hypostasis, which is also associated with the appearance of SC in the test. The occurrence of endings in the podium of the nucellus, characteristic of the species of the I clade and connected with the absence of SC in the test, is not typical. Thus, we confirmed the previously revealed relationship between the depth of entry of the conductive beam endings in the chalazal part of the seed and the sign of "presence / absence of SC" in the test, as well as the suggested assumption about the main differences between the species of the two large clades of the subgenus *Esula*.

Эффект экзогенного пероксида водорода и антиоксиданта Mn-TMPP на ионный гомеостаз пыльцевых трубок лилии

Подолян А.О., Брейгина М.А.
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия
aleksaniaara@gmail.com

Активные формы кислорода (АФК) в растительной клетке образуются как побочный продукт в реакциях энергетического и пластического обмена, а также синтезируются специальными ферментными системами. В настоящее время АФК рассматриваются в первую очередь как сигнальные молекулы, играющие важную роль в различных физиологических программах. Пероксид водорода является наиболее стабильной АФК. Была доказана способность апопластного H_2O_2 проникать в цитоплазму и тем самым передавать сигнала от клетки к клетке.

Показано, что H_2O_2 может принимать активное участие в оплодотворении у цветковых растений. Он накапливается в рыльце и может передавать пыльце сигнал от женского спорофита. Ранее в нашей лаборатории на протопластах из пыльцевых зерен электрофизиологическими методами были обнаружены ключевые мишени для H_2O_2 на плазмалемме, которыми оказались ион-транспортные системы. На данном этапе работы важно было понять, как на H_2O_2 реагируют интактные растущие трубки, которые, в отличие от протопластов, характеризуются наличием градиентов различных ионов, что типично для объектов с полярным ростом.

Мы изучали влияние H_2O_2 и антиоксиданта Mn-TMPP (тушителя H_2O_2 и $O^{2-}\bullet$) на $[Ca^{2+}]_{cyt}$, градиенты pH и мембранного потенциала пыльцевых трубок лилии. Нетоксичность использованных концентраций была проверена стандартным FDA-тестом.

Методами количественной флуоресцентной микроскопии мы обнаружили, что H_2O_2 вызывает:

– значительное повышение внутриклеточной концентрации Ca^{2+} (преимущественно в зоне апикального градиента);

– гиперполяризацию мембраны по длине трубки;

– изменение формы градиента pH (закисление субапикальной области при неизменном pH в основной части трубки).

Mn-TMPP изменяет форму градиента мембранного потенциала, влияет и на другие изученные показатели. Тем самым показана возможность модуляции ключевых элементов ионного гомеостаза растущих пыльцевых трубок за счет небольших изменений содержания АФК в среде роста.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 18-34-00979 мол-а).

The effect of exogenous hydrogen peroxide and antioxidant Mn-TMPP on ionic homeostasis in the lily pollen tubes

Podolyan A.O., Breygina M.A.
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Reactive oxygen species (ROS) in a plant cell are formed as a by-product in the reactions of energy and plastic metabolism, and are also synthesized by special enzyme systems. At present, ROS are considered primarily as signal molecules that play an important role in various physiological programs. Hydrogen peroxide is the most stable ROS. The ability of apoplastic H_2O_2 to penetrate the cytoplasm, and thereby transmit the signal from cell to cell, has been proven.

It has been reported that H_2O_2 can take an active part in fertilization in flowering plants. It accumulates in the stigma and can transmit the signal from the female sporophyte to pollen *in vivo*. Earlier the members of our lab involved in the electrophysiological studies of pollen grain protoplasts had reported the key targets for H_2O_2 on the vegetative cell plasmalemma. These were found to be ion-transport systems. In the present work, we studied how intact growing tubes were affected by H_2O_2. It was important because pollen tubes, unlike protoplasts, are characterized by the presence of different ion gradients, which is typical for objects with polar growth.

Using quantitative fluorescence microscopy, we found that H_2O_2 causes:

• A significant increase of intracellular Ca^{2+} concentration (mainly in the apical region);

• Hyperpolarization of the plasma membrane along the tube;

• Changes in the shape of the pH gradient (acidification of the subapical region with a constant pH in the main part of the tube).

Mn-TMPP alters the shape of the membrane potential gradient, it also affects other parameters studied. The obtained results demonstrate the possibility of modulating the key elements of ion homeostasis in growing pollen tubes by small alterations of the ROS level in the growth medium.

The work has been supported by the Russian Foundation for Basic Research (Project 18-34-00979).

Особенности формирования соцветия *Euphorbia palustris* L. (Euphorbiaceae)

Прокофьев М.А.[1], Виноградова Г.Ю.[2]
[1] Гимназия № 441, Санкт-Петербург, Россия
[2] Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
mikhail.prokofyev@yandex.ru, vinogradova-galina@binran.ru

Отличительной особенностью видов *Euphorbia* является формирование циатия - сильно редуцированного соцветия, имеющего большое сходство с цветком. Строение циатия у большинства видов молочаев однотипно: внутри обвертки с 4–5 экстрафлоральными нектарниками располагаются лишенные околоцветника цветки: единственный пестичный - в центре и тычиночные, собранных по 3–4 в 5 кластеров, – по периферии. О структуре общего соцветия у молочаев информации мало. В связи с этим цель настоящей работы - выявить закономерности формирования соцветия на примере *Euphorbia palustris* с учетом особенностей его репродукции. Результаты показали, что общее соцветие – плейохазий, включает верхушечный зонтик из 3–4 коротких ветвей и 9–16 боковых ветвей, длина которых уменьшается к верхушке. Каждая ветвь (ось I порядка) заканчивается терминальным циатием с 3–4 прицветниками в основании, в пазухе которых формируются оси II порядка, также заканчивающиеся циатием с 2 прицветниками в основании; оси III порядка формируются редко. Для *E. palustris* характерна функциональная андромоноэция, при этом «мужские» (лишенные пестичного цветка) циатии располагаются на осях I порядка. Анализ генезиса соцветия показал, что изначально все циатии закладываются как обоеполые; хотя уже на ранних стадиях в циатиях I порядка происходит блокировка развития пестичного цветка, начиная с остановки роста цветоножки. Вероятно, на данном этапе происходит перераспределение питательных веществ к активно развивающимся тычиночным цветкам; пестичный цветок в противоположность, подвергается постепенной деструкции. Закладка элементов соцветия (циатиев) происходит базипетально, начиная с дифференциации терминального циатия на оси молодого побега, и степень развития циатиев уменьшается сверху вниз. В самой нижней части апекса молодого побега в пазухах листьев закладываются не циатии, а почки боковых побегов. У соцветий в цветущем состоянии иногда самые нижние боковые оси характеризовались переходным состоянием: заканчивались терминальным циатием, но были олиственными (как вегетативный боковой побег).

The peculiarities of inflorescence formation in *Euphorbia palustris* L. (Euphorbiaceae)

Prokofyev M.A.[1], Vinogradova G.Yu.[2]
[1] Gymnasium № 441, Saint Petersburg, Russia
[2] Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

The cyathium formation is a unique feature of *Euphorbia* species. This structure is a strongly reduced inflorescence that has great similarities with the flower. In most of the species the cyathium structure is typical: the involucre with 4–5 extrafloral glands surrounds flowers without the perianth: the only pistillate flower in the center and the 5 clusters made up of 3–4 staminate flowers in the periphery. The structure of the common inflorescence is poorly studied. In this regard, the purpose of this work is to reveal of peculiarities of the inflorescence formation in *Euphorbia palustris*. The results showed that the common pleiochazal inflorescence includes the umbrella of 3–4 apical short branches and 9–16 lateral branches, which length is reduced to the top. Each branch (axis I) ends with the terminal cyathium with 3–4 bracts in the base, where axes II with terminal cyathia and 2 bracts are formed, axes III are formed rarely. The functional andromonoecy is characteristic of *E. palustris*, with "male" (devoid of the pistillate flower) cyathia located on axis I. The analysis of the inflorescence genesis showed that all cyathia are initiated as hermaphrodite, although already at the early stages the development of the pistillate flower in cyathia of axis I is blocked, starting with termination of the pedicle growth. At this stage there might be a re-distribution of nutrients to the actively developing staminate flowers; the pistillate flower, in contrast, is subjected to a gradual destruction. Initiation of the inflorescence elements occurs basipetally, starting with differentiation of the terminal cyathium on the shoot apex, and the degree of the cyathia development decreases top down. The vegetative buds form in the leave axils in the lower part of the apex of the young shoot. In the flowering time, branches in the lowest part of the axis of the inflorescence are sometimes characterized by the transitional state: the chyathium is formed in their terminal end, but the axis carries leaves.

Биология опыления *Pinguicula vulgaris* L. (Lentibulariaceae)

Пушкарева Л.А.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
pushkareva-lubov@mail.ru

Pinguicula vulgaris – перекрестноопыляющееся растение, у которого отмечена возможность самоопыления и клейстогамии (Земскова, 1981, и др.). Однако механизм опыления детально не изучен. Цель работы состояла в уточнении этого процесса. Наблюдения вели в июне 2016 г. на растениях, произрастающих в окр. пос. Глядино (Ленинградская обл.). Качество пыльцы определяли ацетокарминовым методом, восприимчивость рыльца – по Robinson (1929); строение структур анализировали на постоянных препаратах, приготовленных по общепринятой методике (Паушева, 1973).

Цветки *P. vulgaris* обоеполые, зигоморфные, собраны в терминальные соцветия – сидячие зонтики, которые часто сводятся к одному цветку. Гинецей из 2 плодолистиков; рыльце покрыто многоклеточными папиллами, двулопастное: с широкой нижней «губой» и расположенным вертикально шиловидным отростком. Столбик открытого типа, с каналом, выстланным стигматоидными клетками; на шаровидной плаценте завязи формируется до 360 анатропных, битегмальных, тенуинуцеллятных семязачатков; зародышевый мешок 7-клеточный, 8-ядерный. Андроцей из 2-х тычинок; пыльники 4-хгнездные; стенка пыльника 2-слойная (эпидермис, эндотеций); пыльцевые зерна 2-клеточные, склеены в массу, хорошо выполнены (до 90%). Вскрывание пыльников и прорастание пыльцы начинается уже в бутоне; при этом пыльники находятся в контакте с «губой» рыльца, которая восприимчива к пыльце; в шиловидном отростке зона восприимчивости проявляется лишь в его средней части, в области узкого кольца. При раскрытии бутона происходит массовое врастание пыльцевых трубок в «губу» рыльца, их рост по каналу столбика, а в раскрытом цветке – вхождение в семязачатки (прорастание пыльцы на шиловидном отростке наблюдали редко). Таким образом, несмотря на энтомофильный облик цветка *P. vulgaris* и его посещение насекомыми, преимущественный способ опыления у данного вида в изученных условиях произрастания – самоопыление в виде контактной автогамии (бутонной клейстогамии), а основная система скрещивания – вероятно, инбридинг.

The biology of pollination of *Pinguicula vulgaris* L. (Lentibulariaceae)

Pushkareva L.A.
Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

Pinguicula vulgaris is a cross-pollinating plant, although the possibility of self-pollination and cleistogamy was noted (Zemskova, 1981, etc.). But the mechanism of pollination has not been studied in detail. The purpose of the work was the study of this process. The observations were conducted in June 2016, near the village Glyadino (the Leningrad region). The pollen fertility was determined by the acetocarmin method, the stigma receptivity – after Robinson (1929); the structures were analyzed on slides prepared according to a standard method (Pausheva, 1973).

The flowers are bisexual, zygomorphic, collected in terminal inflorescences – sessile umbrellas, which often boil down to one flower. The gynoecium consists of 2 carpels; the stigma with 2 lobes is covered by multicellular papillae – with a broad lower «lip» and a vertical appendage. The style is of an open type, with a channel lined with stigmoid cells; on the spherical placenta in the ovary numerous anatropous, bitegmic, tenuinucellate ovules are formed (up to 360); the embryo sac is 7-celled, 8-nuclear. The androecium is formed by 2 stamens; the anthers are 4-sporangiate; the anther wall consists of 2 layers (epidermis, endotecium); the pollen grains are 2-celled, agglutinated in masses, well-executed (~90%). The opening of the anthers and the pollen germination occur already in the bud; the anthers are in contact with the "lip" of the stigma, which is receptive to pollen; the receptivity in the appendage is manifested only in its middle part, in the area of the narrow ring. When the bud opens, the pollen tubes grow in mass into the "lip" of the stigma, then - along the style canal, and in the opened flower they enter the ovules (the pollen germination on the appendage was observed rarely). Thus, despite the entomophilous appearance of the *P. vulgaris* flower and its being visited by insects, the dominating mode of pollination in this species under the studied conditions is self-pollination in the form of contact autogamy (cleistogamy), and inbreeding appears to be the main crossing system.

Ген *MtWOX9-1* в соматическом эмбриогенезе у *Medicago truncatula*

Творогова В.Е., Ефремова Е.П., Поценковская Э.А., Лутова Л.А.
Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
v.tvorogova@spbu.ru

Соматический эмбриогенез (СЭ) в культуре *in vitro* широко используется в биотехнологии, в частности, для трансформации растений. Поскольку существует большое количество видов растений, для которых процесс получения соматических эмбрионов затруднен, поиск новых стимуляторов СЭ может быть полезен в биотехнологии.

Проведенный нами ранее поиск потенциальных регуляторов СЭ среди генов гомеодомен-содержащих транскрипционных факторов из группы *WOX* у *Medicago truncatula* показал, что уровень экспрессии гена *MtWOX9-1* значительно повышается в ходе СЭ. Целью настоящего исследования явилось более подробное изучение роли

гена *MtWOX9-1* в этом процессе.

С помощью анализа растений, содержащих конструкцию pMtWOX9-1:GUS мы показали, что промотор *MtWOX9-1* активен непосредственно в соматических эмбрионах. Также было показано, что сверхэкспрессия *MtWOX9-1* ведет к увеличению способности к СЭ и к изменениям в уровнях экспрессии ряда генов, в частности, гомологов *AGL15* и *AGL8 Arabidopsis thaliana*.

Известно, что экспрессию генов семейства *WOX* могут регулировать пептидные гормоны из семейства CLE с помощью систем положительной или отрицательной обратной связи. Мы обнаружили, что уровень экспрессии генов *MtCLE18* и *MtCLE16*, близких к гену *CLE8 Arabidopsis thaliana*, коррелирует с уровнем экспрессии *MtWOX9-1* в эмбриогенном каллусе. Пептиды, кодируемые этими генами, являются нашими кандидатами на роль стимуляторов СЭ.

Таким образом, наши результаты показывают, что *MtWOX9-1* участвует в СЭ и может стимулировать этот процесс в культуре *in vitro.*

MtWOX9-1 gene in somatic embryogenesis in _Medicago truncatula_

Tvorogova V.E., Efremova E.P., Potsenkovskaya E.A., Lutova L.A.
St. Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

Somatic embryogenesis (SE) *in vitro* is widely used in biotechnology, for example, in plant transformation. The process of obtaining somatic embryos is very complicated in many plant species; therefore, the search for new SE stimulators may be useful in biotechnology.

Previous search for potential SE regulators among the genes coding homeodomain-containing transcription factors from *WOX* family in *Medicago truncatula* revealed that the expression level of *MtWOX9-1* increases drastically during SE. The aim of this research is a more detailed investigation of *MtWOX9-1* gene functions in this process.

The analysis of plants with pMtWOX9-1:GUS construction demonstrated that *MtWOX9-1* promoter is active directly in somatic embryos. Also we have shown that *MtWOX9-1* overexpression leads to the increase in SE capacity, as well as to the changes in expression levels of several genes, for example *Arabidopsis thaliana AGL15* and *AGL8* homologs.

It is known that peptide hormones from CLE family are able to regulate the expression of *WOX* genes by means of positive or negative feedback regulation loops. We found that the expression level of *MtCLE18* and *MtCLE16*, closely related with *Araibidopsis thaliana CLE8* gene, correlates with the expression level of *MtWOX9-1* in embryogenic callus. Peptides encoded by these genes are our candidates for the role of SE stimulator.

Taken together, our results show that *MtWOX9-1* participates in SE and can stimulate this process *in vitro*.

Ариллусы сухих плодов как аттрактанты для агентов-распространителей

Трусов Н.А.
Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, Москва, Россия
n-trusov@mail.ru

Ариллусы являются полифункциональными структурами, одной из главных функций которых является обеспечение диссеминации. Они характерны как для сочных, так и для сухих плодов. У сочных плодов ариллусы заполняют полости плодов, и являются сочными структурами, обеспечивающими привлекательность плодов в качестве пищи. У сухих плодов морфологическая и анатомическая структура, размеры относительно семени, топография и морфологическая природа ариллусов разнообразны, а, следовательно, требуют дополнительных исследований в аспекте обеспечения успешной диссеминации.

Было изучено строение сухих плодов, семена которых имеют ариллусы: представителей *Euonymus* L. (23 вида), *Celastrus* L. (4 вида), *Asarum* L. (4 вида), *Euphorbia* L. (2 вида), *Viola* L. (6 видов), *Litchi* Sonn. (1 вид), *Dimocarpos* Lour. (1 вид), собранных в ГБС РАН, природных местообитаниях и в культуре.

Распространение плодов изученных растений различно: *Euonymus* – орнитохория, синзоохория и механохория, *Celastrus* – орнитохория, *Litchi* и *Dimocarpos* – эндозоохория и механохория, *Asarum* – мирмекохория, *Viola* и *Euphorbia* – баллистохория и мирмекохория.

Для выяснения роли особенностей строения ариллусов в диссеминации в сравнительном аспекте были изучены следующие их характеристики: положение ариллуса относительно семени, степень прикрывания семени, цвет, запах, морфологическая природа, анатомическое строение, запасные вещества. Изученные особенности были отнесены к первичным или вторичным аттрактантам.

Установлено, что первичным аттрактантом является питательная ценность ариллусов. Цвет ариллуса и степень прикрытия им семени является вторичными аттрактантами при диссеминации птицами, а запах ариллусов при диссеминации млекопитающими и муравьями. Морфологическая природа и анатомическая структура ариллусов не играет существенной роли для привлечения агентов-распространителей.

Arils of dry fruits as attractants for distribution agents

Trusov N.A.
Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Arils are multifunctional structures, one of the main functions of which is dissemination. They appear in both fleshy and dry fruits. In fleshy fruits, arils fill the cavity of the fruit, and these fleshy structures ensure the attractiveness of the fruit as food. In dry fruits, the morphological and anatomical structure, the dimensions relative to the seed, the topography and the morphological nature of the arils are diverse, and therefore require additional research of their role in dissemination.

The study of the structure of dry fruits with ariled seeds was done for the following taxa: *Euonymus* L. (23 species), *Celastrus* L. (4 species), *Asarum* L. (4 species), *Euphorbia* L. (2 species), *Viola* L. (6 species), *Litchi* Sonn. (1 species), *Dimocarpos* Lour. (1 species) collected in the MBG RAS, in natural habitats, and in culture.

The distribution type of the studied plants is different: *Euonymus* – ornithochory, sinozoochory and mechanochory, *Celastrus* – ornithochory, *Litchi* and *Dimocarpos* – endozoochory and mechanochory, *Asarum* – myrmecochory, *Viola* and *Euphorbia* – ballistochory and myrmecochory.

To examine the role which different characteristics of arils play in dissemination, we studied the position of the arils relative to the seed, the degree of seed coverage, color, smell, morphological nature, anatomical structure and the type of chemicals used as energy reserve. All the studied features were analysed as primary or secondary attractants.

It is established that the primary attractant is the food value of arils. The secondary attractants for the birds distributing seeds are the color and the degree to which it covers the seed, and for the mammals and ants distributing seeds it is the smell of arils. The morphological nature and anatomical structure of arils play an insignificant role in attracting distributors.

Дедифференциация неоплодотворённых семязачатков ярового рапса (*Brassica napus* L.)

Чеснокова Е.В.[1], Угримова Е.Н.[2]
[1] Всероссийский научно-исследовательский институт рапса, Липецк, Россия;
[2] Липецкий государственный педагогический университет им. П.П. Семёнова-Тян-Шанского, Липецк, Россия
catc4es@yandex.ru, *ugrimowa2017@yandex.ru*

Одним из важных элементов повышения продуктивности рапса является возделывание гетерозисных гибридов на стерильной основе. Создание гибридов F_1 – это длительный и трудоёмкий процесс, требующий 5–7 лет инбридинга.

В настоящее время особое значение приобретает развитие альтернативных методов получения гомозиготных линий через культивирование пыльников, микроспор и неоплодотворённых семяпочек *in vitro*.

Неоплодотворённые семязачатки (семяпочки) культивировали на среде MS с добавлением 2,4-Д и кинетина по 5,0 мг/л. У всех изучаемых образцов наблюдали дедифференциацию семяпочек с частотой от 0,2% (образец 188) до 29,7% (образец ГГ 190). Различия между лучшим образцом ГГ 190 и другими изучаемыми образцами достоверны ($НСР_{0.05}$ = 3,38).

Морфогенные каллусы, полученные на инициальной среде, пересаженный на органогенную среду MS с добавлением 6-БАП – 0.5 мг/л и кинетина – 3.0 мг/л формировали зачатки почек. При субкультивировании на органогенной среде из них были получены растения.

Интенсивность развития каллусной ткани и формирование органогенных структур происходило неравномерно, т.к. семяпочки во время эксплантации находились на разных стадиях развития.

Таким образом, на дедифференциацию неоплодотворённых семяпочек оказывают влияние генотип образца, и состав питательной среды.

Dedifferentiation of unfertilized ovules of spring rape (*Brassica napus* L.)

Chesnokova E.B.[1], Ugrimova E.N.[2]
[1] All-Russian Rapeseed Research Institute, Lipetsk, Russia;
[2] Lipetsk State Pedagogical University named after P. Semenov-Tyan-Shansky, Lipetsk, Russia

The cultivation of heterosis hybrids on a sterile basis is one of the important elements in increasing the productivity of rape. The creation of F_1 hybrids is a long and laborious process, requiring 5–7 years of inbreeding.

At present, the development of alternative methods for obtaining homozygous lines through the cultivation of anthers, microspores and unfertilized ovules in vitro receives specific importance.

Unfertilized ovules were cultured on MS medium with the addition of 5.0 mg/l 2,4-D and 5.0 mg/l kinetin. Dedifferentiation of ovules was observed in all the samples with a frequency of 0.2% (sample 188) to 29.7% (sample GG 190). The differences between GG 190 and other studied samples are reliable (HCP 0.05 = 3.38).

Morphogenic calluses obtained in the initial medium were transplanted onto organogenic medium MS with the addition of 6-BAP – 0.5 mg/l and kinetin – 3.0 mg/l, where the embryo buds were formed. Plants were obtained from them on an organogenic medium by subculturing.

The intensity of the callus tissue development and of the organogenic structures formation occurred unevenly, because during the explantation the ovules were at different stages of development.

Thus, the genotype of the sample and the composition of the nutrient medium influence the dedifferentiation of unfertilized ovules.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

Абадонова М.Н. 135
Абдурахманова З.И. 74
Аветисян Г.А. 197
Аветисян Т.В. 197
Авсиян А.Л. 17
Агафонов А.В. 59
Азарова Т.С. 134
Ак-Лама Т.А. 237
Александров О.С. 238, 248
Андриенко Е.И. 198
Андронова Е.В. 257, 267
Антонова И.С. 55
Арженко А.С. 198
Аристархова Е.А. 199
Арнаутова Е.М. 139
Артемьева А.М. 175
Артюхин А.Е. 238
Архипова Е.А. 266
Асадулаев З.М. 126
Асбаганов С.В. 165
Асташкевич Е.В. 65
Афонин А.М. 174
Афонин А.С. 226
Ахметалимова А.М. 35
Ачоян А.Л. 36
Ашик Е.В. 75
Бабицына М.А. 76
Бакалин В.А. 115
Бакин Е.А. 259
Бакулин С.Д. 141
Банаев Е.В. 165
Бараева О.К. 124
Барт В.А. 55
Баскар Р. 259
Басов С.А. 200
Башкина К.И. 107
Белимов А.А. 134
Белошенкова А.Д. 108
Беляков Е.А. 264
Бердиева М.А. 17
Берестецкий А.О. ..158, 160, 167, 173, 178, 179, 181, 184
Беседина А.В. 265
Биркемайер К. 26
Бобров А.В. 243
Бобровский М.В. 5
Богданова Д.В. 141
Бодыкова И.Н. 145
Большаков С.Ю. 201
Бондаренко М.С. 124
Боне К.Д. 239, 248
Бочарников М.В. 77, 103
Браилко В.А. 139
Брейгина М.А. 270
Брикнер М.Ю. 36
Брицкий Д.А. 39
Брюхин В.Б. 259
Буевич Т.А. 18
Бурый В.В. 109
Бухтоярова Н.Ю. 202
Бялт А.В. 142
Васюков Д.Д. 98
Вацерионова Е.О. 37
Веселкин Д.В. 91
Виноградова Г.Ю. 261, 271
Виноградская М.А. 155, 182
Вислобоков Н.А. 33
Вишняков В.С. 19
Власенко Д.В. 125
Власов Д.Ю. 7, 29
Власова И.И. 37, 54
Войцеховская О.В. .. 8, 161, 162, 163, 164, 180
Волкова Е.М. 81, 116
Волобуев С.В. 198
Володина А.А. 213
Воронина Е.Ю. 10
Воронкова М.С. 165
Воскобойников Г.М. 155
Гаврилова К.С. 156
Гаврилова О.А. 39
Гаврилова О.П. 203
Гаврилова Т.М. 78
Гагарина Л.В. 204
Гагкаева Т.Ю. 203
Гаджиатаев М.Г. 126
Галикеева Г.М. 136, 143
Галушко З.А. 144
Галымжанов И.С. 145
Гамова Н.С. 110
Ганасевич Г.Н. 78
Ганнибал Ф.Б. 205
Гасич Е.Л. 178, 205
Гельтман Д.В. 13
Геникова Н.В. 79
Гимельбрант Д.Е. 191
Глушкевич А.И. 157
Гмошинский В.И. 202, 204, 207
Гниловская А.А. 224, 231
Гнутиков А.А. 235, 251
Гоголева П.А. 112
Гомжина М.М. 205
Горбунова А.О. 206
Горбунова С.Ю. 21
Гордеева А.А. 38
Горин К.К. 20
Горнов Д.А. 39
Горюнов Д.В. 240
Горюнова С.В. 240, 245
Горяев И.А. 80
Грабовский А.А. 225
Григорьева Е.Н. 158
Грицкевич В.С. 159
Гроссниклаус У. 259
Груммо Д.Г. 62
Губанов Е.С. 207
Губанова Т.Б. 139
Гудкова П.Д. 246
Гулакова Н.М. 111
Гуляева Е.Н. 40
Гуреева И.И. 250
Гусева А.А. 41
Гусева Е.Д. 170, 172
Даббаг А. 81
Давлетбаева С.Ф. 145
Далинова А.А. 160, 181
Дао Тхи Тху Ха 65
Дёгтева С.В. 82
Демидчик В.В. 180
Демченко К.Н. 14, 170, 172
Державина Н.М. 135
Дмитриев Г.В. 208
Дмитриева В.А. 161, 162, 163
Дмитриева М.А. 161
Добрякова К.С. 161, 162
Добычина Е.О. 20
Докшина А.Ю. 112
Домашкина В.В. 163
Дубинина Н.С. 81
Дубовик В.Р. 160
Дубровский Ю.А. 82, 216
Дудка В.А. 208
Дудова К.В. 83
Дулепова Н.А. 243
Дутова З.В. 84
Дьяченко Е.А. 241
Евдокимов А.С. 127
Евкайкина А.И. 161, 164
Егоров А.А. 130
Елизарьева О.А. 136
Емельянов В.В. 169, 185, 186
Еремеева Е.А. 85
Еремеева Е.Ю. 65
Ершова Е.А. 85
Ефимов Г.Н. 112
Ефремова Е.П. 272
Железниченко Т.В. 165
Железова С.Д. 86
Жернаков А.И. 174
Жондарева Я.Д. 21
Жужжалова Т.П. 267
Жуков В.А. 174
Жукова А.Д. 81
Жуковская Н.В. 166
Журбенко П.М. 242
Запорожец Н.Л. 41
Захаров А.Д. 87
Зданевич Е.В. 128
Здравчев Н.С. 243
Зелихина С.В. 113
Злобина Ю.А. 166
Злобина Ю.М. 125
Змитрович И.В. 188
Зубов А.И. 131
Зубов И.А. 38, 42, 133
Иванов В.Б. 166
Иванов С.Д. 22
Иванова А.Н. 161, 164, 167
Иванова К.А. 159
Иванова К.В. 88
Ивасенко С.А. 35, 46
Игнатенко А.А. 168
Избастина К.С. 145
Ильин А.А. 169
Ильина Е.Л. 170, 172
Ионова В.П. 42
Исачкин А.В. 51
Исмаилов А.Б. 209
Истомина Е.А. 161
Ишмуратова М.Ю. 35, 46
Казьмина Е.С. 114
Кайбелева Э.И. 266
Каленчук Т.В. 146
Калинина В.О. 17
Калинина Л.Б. 210
Калько Г.В. 66
Кальченко Л.И. 212
Камионская А.М. 156
Канцерова Л.В. 88
Каплевский А.А. 89
Карасёва Т.А. 129
Карлов Г.И. 239, 248
Каталан П. 59
Катрич И.О. 133
Каширина Е.С. 129
Кем К.Р. 171
Кирилов Д.Ю. 90

Кирилова И.А. ... 90
Кирпичникова А.А. ... 185
Кирюшкин А.С. ... 170, 172
Киселева Л.Л. ... 148
Китаева А.Б. ... 172, 176
Клепикова А.В. ... 255
Кливер С.Ф. ... 259
Климова А.В. ... 23
Климова К.Г. ... 115
Клиндух М.П. ... 24
Клочкова Т.А. ... 23
Клюкова М.С. ... 174
Кобозева Е.В. ... 243
Ковалева А.А. ... 267
Колесникова Е.О. ... 267
Кондакова Г.В. ... 200
Кондратьева Е.М. ... 24
Конорева Л.А. ... 204
Копанина А.В. ... 37, 54
Копина М.Б. ... 219
Копылов-Гуськов Ю.О. ... 244
Кораблёв А.П. ... 95
Коржиневская А.А. ... 91
Королькова Е.О. ... 87
Коростылева Т.В. ... 161
Костина О.В. ... 43
Котина Е.Л. ... 34
Котлова Е.Р. ... 155, 182
Котова Т.М. ... 66
Кочергина А.Г. ... 92
Кочиева Е.З. ... 253
Кочнев Ю.Р. ... 67
Крылович О.И. ... 98
Крытынская Е.Н. ... 177
Крюков А.А. ... 206
Крючкова В.А. ... 51
Кудряшова Т.Р. ... 173
Кузнецова А.О. ... 226
Кузнецова Е.Н. ... 268
Кузнецова Е.С. ... 191
Кузнеченкова Е.С. ... 130
Кузьмина М.В. ... 66
Кузьмина Ю.В. ... 92
Кузьмичёва Е.А. ... 93, 98
Кукушкина Т.А. ... 165
Кулаева О.А. ... 174
Кулуев Б.Р. ... 238
Куприянова Ю.В. ... 131
Курагина Н.С. ... 211
Курганов А.А. ... 116
Курина А.Б. ... 175
Курманбаева М.С. ... 145
Кусакин П.Г. ... 172, 176
Кушнарева А.В. ... 25
Кушневская Е.В. ... 157
Лапшина Е.Д. ... 78
Ларионова Т.И. ... 212
Ласточкин В.В. ... 186
Лебедева М.А. ... 154
Лебедева М.В. ... 245
Леднев Г.Р. ... 167
Лемешева В.С. ... 25, 26
Лемешевский В.О. ... 146
Леонова О.А. ... 116
Леострин А.В. ... 117
Лосева И.В. ... 35, 46
Лоскутов И.Г. ... 235
Лоскутов С.И. ... 134
Лукницкая А.Ф. ... 30
Лутова Л.А. ... 272
Лысенко Т.М. ... 266
Мазина С.Е. ... 28
Мазурин Е.С. ... 219
Мазуркова Н.А. ... 165
Макарёнкова Н.Н. ... 27
Макарова Е.В. ... 71
Малышева В.К. ... 227
Малышева В.Ф. ... 194
Малышева Е.Ф. ... 194
Маркес И. ... 59
Маслова Н.В. ... 136, 143
Матвеев А.В. ... 202, 204
Матвеева Н.В. ... 73
Матейкович П.А. ... 246
Матюхин Д.Л. ... 49, 51, 58
Матюш И.Д. ... 177
Маханцева В.А. ... 132
Машина В.Е. ... 213
Медведева Н.А. ... 69
Мелькумов Г.М. ... 213, 217
Меметшаева О.А. ... 28
Меркулов И.В. ... 178
Михайлова Е.В. ... 238
Михайлова Т.А. ... 22
Михайлова Ю.В. ... 247
Михалищев Р.В. ... 147
Мищенко А.В. ... 179
Могильникова И.С. ... 227
Мойсейчик Е.В. ... 94
Мосина А.А. ... 43
Муканова Г.С. ... 152
Мулдашев А.А. ... 136
Муравенко О.В. ... 235
Муравник Л.Е. ... 41, 43
Мялик А.Н. ... 118
Нгуен Ван Тхань ... 68
Некрасов Т.Л. ... 95
Нешатаев В.В. ... 96
Никитина В.Н. ... 20, 29
Никонова Д.Е. ... 243
Новикова Т.В. ... 165
Новожилов Ю.К. ... 215
Носов Н.Н. ... 232, 246
Нюкалова М.А. ... 269
Нянькина А.А. ... 133
Овчинникова Ю.А. ... 44
Одинцова Т.И. ... 161
Олонова М.В. ... 59
Омарова П.К. ... 45
Оразбаева П.З. ... 46
Павлова М.А. ... 228
Пагода Я.О. ... 47, 229
Пакина Д.В. ... 119
Панасенко В.А. ... 68
Парахина Е.А. ... 148
Парфенова Д.А. ... 134
Первушин А.Л. ... 167
Петрова М.О. ... 158
Петрова Н.В. ... 69
Пинаевская Е.А. ... 97
Подолян А.О. ... 270
Поздеева Е.Н. ... 128
Полуэктова Е.В. ... 173, 179, 184
Полякова О.И. ... 48
Понамарчук Т.В. ... 133
Попкова А.В. ... 28
Попов А.В. ... 49
Попович А.В. ... 253
Попченко М.И. ... 120
Попыванов Д.В. ... 214
Поценковская Э.А. ... 272
Приходько И.С. ... 215
Прожерина Н.А. ... 97
Прокофьев М.А. ... 271
Пузанский Р.К. ... 169
Пунгин А.В. ... 134
Пунина Е.О. ... 246
Пухальский Я.В. ... 134
Пучкова В.А. ... 170, 172
Пушкарева Л.А. ... 272
Рабаданова К.К. ... 180
Разумова О.В. ... 239, 248
Райко М.П. ... 259
Репкина Н.С. ... 168
Реут А.А. ... 145
Родина О.А. ... 29
Родионов А.В. ... 235
Романов М.С. ... 243
Романова А.С. ... 181
Романова М.А. ... 164
Романюк Д.А. ... 185
Ропот А.В. ... 216
Рослов М.С. ... 121
Румянцева А.В. ... 132
Рыжик И.В. ... 20
Рябинина З.Н. ... 125
Рябуха У.А. ... 70
Рябухина М.В. ... 125
Савельева А.П. ... 170, 172
Савинецкий А.Б. ... 98
Садковская А.И. ... 97
Сазанова К.В. ... 29
Саидов Н.Т. ... 121
Салимова Д.Р. ... 181
Самойленко З.А. ... 111
Санкайбаева А.Г. ... 152
Сафронова Т.В. ... 30
Сафронова Ю.А ... 71
Сахоненко А.Н. ... 49
Сахьяева А.Б. ... 50
Селезнёва А.Е. ... 248
Сеник С.В. ... 182
Серегин А.П. ... 106
Серова Т.А. ... 183
Сизоненко Т.А. ... 216
Силаева Ж.Г. ... 135, 148
Силантьева М.М. ... 212
Симахин М.В. ... 51
Синкевич О.В. ... 137
Скворцов К.И. ... 130
Слагода Е.А. ... 226
Слепых О.В. ... 149
Слугина М.А. ... 249
Смирнова С.В. ... 30
Смольнякова Ю.А. ... 217
Смышляева О.И. ... 98
Созинов О.В. ... 62, 97
Соколова В.В. ... 149
Соловьева А.Е. ... 175
Сонян А.О. ... 52
Сотникова Е.А. ... 240
Стаменов М.Н. ... 53
Степанова А.В. ... 34
Степанчикова И.С. ... 218
Страхова-Шмидт А.П. ... 184
Сукристик В.А. ... 99
Сумина О.И. ... 99
Сурина Т.А. ... 219
Суслова Е.Г. ... 199
Таланова В.В. ... 168
Таловская Е.Б. ... 53
Тальских А.И. ... 54
Тараховская Е.Р. ... 25, 26, 169

Тарханов С.Н. 97
Творогова В.Е. 272
Телевинова М.С. 55
Теплякова С.Б. 185
Тимофеева С.Н. 150
Титова Г.Е. 269
Тихонович И.А. 174
Тихонравова Я.В. 226
Тонкошкуров Д.В. 56
Трифонова А.А. 245
Троицкий А.В. 240
Трусов Н.А. 273
Тюрин В.Н. 76, 100, 103
Тютерева Е.В. 161, 162, 163, 180
Тютюнова Н.М. 136
Уварова Д.А. 219
Угримова Е.Н. 274
Улько Д.О. 57, 250
Уралов А.И. 151
Утяшова А.С. 68
Уфимов Р.А. 251
Фам Тхи Ха Жанг 220
Фатерыга А.В. 252, 253
Фатерыга В.В. 252, 253
Фатьянова Е.В. 124, 130
Федорова А.В. 100
Федосова А.Г. 220
Феоктистов Д.С. 57, 250
Филиппова Е.И. 165
Филиппова Н.В. 221
Филюшин М.А. 253
Фролов Д.А. 101
Фролова А.В. 58
Харитонов Ч.С. 102
Хасанов Б.Ф. 98
Хлопунова Л.Б. 205
Цыганов В.Е. 159, 172, 176, 183
Чалкин А.А. 137
Чаплыгина О.Я. 30
Черешнева Л.А. 133
Чернецкая А.Г. 146
Чернышева М.А. 103
Чернышова Т.Н. 114
Черосов М.М. 71
Чесноков С.В. 204
Чеснокова Е.В. 274
Чеснокова П.Д. 92
Чигодайкина Д.С. 122
Чикида Н.Н. 245
Чиркова Т.В. 186
Чкалов А.В. 119
Чурюлина А.Г. 103
Чэнь Т. 185
Шабалкина С.В. 44, 60
Шаварда А.Л. 157
Шадманова Л.Ш. 152
Шадрина С.Н. 31
Шайдаюк Е.Л. 222
Шаклеина М.Н. 59
Шапошников А.И. 134
Шарова Е.И. 181
Шеленга Т.В. 175
Шелудякова М.Б. 254
Шеремет А.Б. 240
Шиков А.Е. 186
Шипоша В.Д. 59
Широких А.А. 166, 214
Широких И.Г. 214
Шишова М.Ф. 169, 185
Шкаранда Ю.С. 104
Шмаков Н.А. 243
Шнайдер Э.Д. 255
Шнеер В.С. 235
Шуваев Д.Н. 212
Шувалова А.Р. 247
Шулева Е.А. 60
Щенникова А.В. 156, 249
Щепин О.Н. 215
Щугорева Е.А., ... 125
Юдакова О.И. 150, 266
Юдова Д.А. 231
Юрков А.П. 206
Юрманов А.А. 256
Яковлева Д.Р. 222
Ярославцева М.А. 153
Яцына А.П. 223

INDEX OF AUTHORS

Abadonova M.N. 136
Abdurakhmanova Z.I. 75
Achoyan A.L. 36
Afonin A.M. 174
Afonin A.S. 226
Agafonov A.V. 60
Akhmetalimova A.M. 35
Ak-Lama T.A. 237
Alexandrov O.S. 238, 248
Andrienko E.I. 198
Andronova E.V. 258, 267
Antonova I.S. 56
Aristarkhova E.A. 200
Arkhipova E.A. 266
Arnautova E.M. 139
Artemyeva A.M. 175
Artyukhin A.E. 239
Arzhenenko A.S. 199
Asadulaev Z.M. 127
Asbaganov S.V. 165
Ashik E.V. 76
Astashkevich E.V. 65
Avetisyan G.A. 197
Avetisyan T.V. 197
Avsiyan A.L. 17
Azarova T.S. 135
Babitsyna M.A. 76
Bakalin V.A. 115
Bakin E. 260
Bakulin S.D. 141
Banaev E.V. 165
Baraeva O.K. 124
Bart V.A. 56
Bashkina K.I. 108
Baskar R. 260
Basov S.A. 201
Belimov A.A. 135
Beloshenkova A.D. 109
Belyakov E.A. 265
Berdieva M.A. 18
Berestetsky A.O. ... 158, 160, 168, 174, 178, 179, 182, 184
Berke L. 164
Besedina A.V. 265
Birkemeyer C. 26
Bobrov A.V. 243
Bobrovsky M.V. 5
Bocharnikov M.V. 77, 104
Bodykova I.N. 145
Bogdanova D.V. 142
Bolshakov S.Yu. 201
Bondarenko M.S. 125
Bone K.D. 240, 248
Brailko V.A. 140
Breygina M.A. 270
Brikner M.Yu. 37
Britski D.A. 39
Brukhin V. 260
Buchtoyarova N.Yu. 202
Buevich T.A. 18
Bury V.V. 109
Byalt A.V. 143
Catalan P. 60
Chalkin A.A. 138
Chaplygina O.Ya. 31
Chen T. 185, 186
Chereschneva L.A. 133
Chernetskaya A.G. 147
Chernysheva M.A. 103
Chernyshova T.N. 114
Cherosov M.M. 71
Chesnokov S.V. 204
Chesnokova E.B. 274
Chesnokova P.D. 93
Chigodaykina D.S. 123
Chikida N.N. 245
Chirkova T.V. 187
Chkalov A.V. 119
Churyulina A.G. 104
Cui N. 179
Dabbagh A. 81
Dalinova A.A. 160, 182
Dao Thi Thu Ha 66
Davletbaeva S.F. 146
Degteva S.V. 83
Demchenko K.N. 15, 170, 172, 173
Demidchik V.V. 180
Derzhavina N.M. 136
Dmitriev G.V. 208
Dmitrieva M.A. 162
Dmitrieva V.A. 161, 163
Dobryakova K.S. 161, 163
Dobychina E.O. 21
Dokshina A.Yu. 112
Domashkina V.V. 163
Dubinina N.S. 82
Dubovik V.R. 160
Dubrovskiy Y.A. 83, 217
Dudka V.A. 209
Dudova K.V. 83
Dulepova N.A. 244
Dutova Z.V. 84
Dyachenko E.A. 241
Efimov G.N. 113
Efremova E.P. 273
Egorov A.A. 131
Elizaryeva O.A. 137
Eremeeva E.A. 85
Ershova E.A. 86
Evdokimov A.S. 127
Evkaikina A.I. 161, 164
Fateryga A.V. 252, 253
Fateryga V.V. 252, 253
Fatianova E.V. 124, 131

Fedorova A.V. 100
Fedosova A.G. 221
Feoktistov D.S. 57, 250
Filippova E.I. 165
Filippova N.V. 222
Filyushin M.A. 254
Frolov D.A. 101
Frolova A.V. 58
Gadzhiataev M.G. 127
Gagarina L.V. 204
Gagkaeva T.Yu. 203
Galikeeva G.M. 137, 143
Galushko Z.A. 144
Galymzhanov I.S. 145
Gamova N.S. 110
Ganasevich G.N. 79
Gannibal Ph.B. 205
Gasich E.L. 178, 205
Gavrilova K.S. 157
Gavrilova O.A. 39
Gavrilova O.P. 203
Gavrilova T.M. 78
Geltman D.V. 14
Genikova N.V. 80
Glushkevich A.I. 157
Gmoshinskiy V.I. 202, 205, 207
Gnilovskaya A.A. 224, 231
Gnutikov A.A. 236, 251
Gogoleva P.A. 113
Gomzhina M.M. 205
Gorbunova A.O. 206
Gorbunova S.Yu. 22
Gordeeva A.A. 39
Gorin K.K. 20
Gornov D.A. 39
Goryaev I.A. 80
Goryunov D.V. 241
Goryunova S.V. 241, 245
Grabovskiy A.A. 225
Grigoryeva E.N. 158
Gritskevich V.S. 159
Grossniklaus U. 260
Grummo D.G. 63
Gubanov E.S. 207
Gubanova T.B. 140
Gudkova P.D. 246
Gulakova N.M. 111
Gulyaeva E.N. 40
Gureyeva I.I. 250
Guseva A.A. 41
Guseva E.D. 170, 172
Himelbrant D.E. 192
Ignatenko A.A. 169
Ilin A.A. 169
Ilina E.L. 170, 172
Ionova V.P. 43
Isachkin A.V. 51
Ishmuratova M.Yu. 35, 47
Ismailov A.B. 210
Istomina E.A. 162
Iurmanov A.A. 256
Ivanov S.D. 22
Ivanov V.B. 166
Ivanova A.N. 161, 164, 168
Ivanova K.A. 159
Ivanova K.V. 88
Ivasenko S.A. 35, 47
Izbastina K.S. 145
Kalchenko L.I. 212
Kaleanchuk T.V. 147
Kalinina L.B. 210
Kalinina V.O. 18
Kalko G.V. 67
Kaltenböck M. 211
Kamionskaya A.M. 157
Kantserova L.V. 89
Kaplevsky A.A. 90
Karadelev M. 211
Karanović D. 43
Karasyova T.A. 129
Karlov G.I. 240, 248
Kashirina E.S. 130
Katrich I.O. 133
Kaybeleva E.I. 266
Kazmina E.S. 114
Kem K.R. 171
Kharitonov Ch.S. 102
Khasanov B.F. 99
Khlopunova L.B. 205
Kirilov D.Yu. 90
Kirilova I.A. 90
Kirpichnikova A.A. 185, 186
Kiryushkin A.S. 170, 172
Kiseleva L.L. 148
Kitaeva A.B. 173, 176
Klepikova A.V. 255
Klimova A.V. 23
Klimova K.G. 115
Klindukh M.P. 24
Kliukova M.S. 174
Kliver S. 260
Klochkova T.A. 23
Kobozeva E.V. 244
Kochergina A.G. 92
Kochieva E.Z. 254
Kochnev Iu.R. 67
Kolesnikova E.O. 268
Kondakova G.V. 201
Kondratyeva K. 25
Kopanina A.V. 38, 55
Kopina M.B. 219
Kopylov-Guskov Yu.O. 245
Korablev A.P. 95
Korolkova E.O. 87
Korostyleva T.V. 162
Korzhinevskaya A.A. 91
Kostina O.V. 44
Kotina E.L. 34
Kotlova E.R. 156, 183
Kotova T.M. 67
Kovaleva A.A. 267
Krylovich O.A. 99
Krytynskaya E.N. 177
Kryuchkova V.A. 51
Kryukov A.A. 206
Kudryashova T. R. 174
Kukushkina T.A. 165
Kulaeva O.A. 174
Kuluev B.R. 239
Kuragina N.S. 211
Kurganov A.A. 116
Kurina A.B. 175
Kurmanbaeva M.S. 145
Kusakin P.G. 173, 176
Kushnareva A.V. 26
Kushnevskaya E.V. 157
Kuzmicheva E.A. 94, 99
Kuzmina M.V. 67
Kuzmina Yu.V. 93
Kuznechenkova E.S. 131
Kuznetsova A.O. 226
Kuznetsova E.N. 269
Kuznetsova E.S. 192
Kypriyanova J.V. 132
Konoreva L.A. 204
Lapshina E.D. 79
Larionova T.I. 212
Lastochkin V.V. 187
Lebedeva M.A. 155
Lebedeva M.V. 245
Lednev G.R. 168
Lemesheva V.S. 26
Lemeshevsky V.O. 147
Leonova O.A. 117
Leostrin A.V. 118
Liu W. 179
Loseva I.V. 35, 47
Loskutov I.G. 236
Loskutov S.I. 135
Luknitskaya A.F. 31
Luković J. 43
Lutova L.A. 273
Lysenko T.M. 266
Makarenkova N.N. 27
Makarova E.V. 71
Makhantceva V.A. 132
Malysheva E.F. 195
Malysheva V.F. 195
Malysheva V.K. 227
Marques I. 60
Mashina V.E. 213
Maslova N.V. 137, 143
Mateikovich P.A. 246
Matveev A.V. 202, 205
Matveyeva N.V. 73
Matyukhin D.L. 50, 51, 58
Matyush I.D. 177
Mayrhofer H. 211
Mazina S.E. 29
Mazurin E.S. 219
Mazurkova N.A. 165
Medvedeva N.A. 70
Melkumov G.M. 214, 217
Memetshaeva O.A. 28
Merkulov I.V. 178
Mialik A.M. 118
Mikhalishchev R.V. 147
Mikhaylova E.V. 239
Mikhaylova T.A. 22
Mikhaylova Y.V. 247
Mischenko A.V. 179
Mogilnikova I.S. 228
Mojsejchik E.V. 94
Mosina A.A. 44
Mukanova G.S. 152
Muldashev A.A. 137
Muravenko O.V. 236
Muravnik L.E. 42, 44
Nekrasov T.L. 95
Neshataev V.V. 96
Nguyen Van Thanh 68
Nikitina V.N. 20, 30
Nikonova D.E. 244
Nosov N.N. 233, 246
Novikova T.I. 165
Novozhilov Y.K. 215
Nyankina A.A. 133
Nyukalova M.A. 269
Odintsova T.I. 162
Olonova M.V. 60
Omarova P. K. 46
Orazbayeva P.Z. 47
Ovchinnikova Yu.A. 45

Pagoda I.O. 47, 230
Pakina D.V. 119
Panasenko V.A. 69
Parakhina E.A. 148
Parfenova D.A. 134
Pavlova M.A. 229
Pawlowski K. 164
Pervushin A.L. 168
Petrova M.O. 158
Petrova N.V. 70
Pham Thi Ha Giang 220
Pinaevskaya E.A. 97
Podolyan A.O. 270
Poluektova E.V. 174, 179, 184
Polyakova O.I. 48
Ponamorchuk T.V. 133
Popchenko M.I. 120
Popkova A.V. 29
Popov A.V. 49
Popovich A.V. 253
Popyvanov D.V. 215
Potsenkovskaya E.A. 273
Pozdeeva E.N. 128
Prikhodko I.S. 215
Prokofyev M.A. 271
Proux-Wéra E. 164
Prozherina N.A. 97
Puchkova V.A. 170, 172
Puhalsky Y.V. 135
Pungin A.V. 134
Punina E.O. 246
Pushkareva L.A. 272
Puzansky R.K. 169
Rabadanova C.K. 180
Razumova O.V. 240, 248
Repkina N.S. 169
Reut A.A. 146
Rodina O.A. 30
Rodionov A.V. 236
Romanov M.S. 243
Romanova A.S. 181
Romanova M.A. 164
Romanyuk D.A. 185, 186
Ropot A.V. 216
Roslov M.S. 121
Rumjantceva A.V. 132
Ryabinina Z.N. 126
Ryabuhina M.V. 126
Ryabukha U.A. 71
Rydin C. 164
Ryzhik I.V. 21
Sadkovskaya A.I. 98
Safronova T. 31
Saidov N.T. 122
Sakhonenko A.N. 50
Sakhyaeva A.B. 51
Salimova D.R. 182
Samoylenko Z.A. 111
Sankaibayeva A.G. 152
Saphronova U.A. 71
Savelyeva A.P. 170, 172
Savinetsky A.B. 99
Sazanova K.V. 30
Seleznyova A.E. 249
Senik S.V. 183
Seregin A.P. 106
Serova T.A. 184
Shabalkina S.V. 45, 61
Shadmanova L.Sh. 152
Shadrina S.N. 31
Shaidayuk E.L. 222
Shakleina M.N. 59
Shaposhnikov A.I 135
Sharova E.I. 181
Shavarda A.L. 157
Shchennikova A.V. 157, 249
Shchepin O.N. 215
Shchugoreva E.A. 126
Shelenga T.V. 175
Sheludyakova M.B. 255
Sheremet A.B. 241
Shikov A.E. 187
Shiposha V.D. 60
Shirokikh A.A. 167, 215
Shirokikh I.G. 215
Shishova M.F. 169, 185, 186
Shkaranda Yu.S. 105
Shmakov N.A. 244
Shnayder E.D. 255
Shneyer V.S. 236
Shuleva E.A. 61
Shuvaev D.N. 212
Shuvalova A.R. 247
Silaeva Zh.G. 136, 148
Silanteva M.M. 212
Simakhin M.V. 51
Sinkevich O.V. 138
Sivkova A.P. 230
Sizonenko T.A. 217
Skvortsov K.I. 131
Slagoda E.A. 226
Slepykh O.V. 149
Slugina M.A. 249
Smirnova S. 31
Smolnyakova Yu.A. 217
Smyshlyaeva O.I. 99
Sokolova V.V. 150
Soloveva A.E. 175
Sonyan H.H. 52
Sotnikova E.A. 241
Sozinov O.V. 63, 98
Stamenov M.N. 53
Stepanchikova I.S. 218
Stepanova A.V. 34
Strakhova-Shmidt A.P. 184
Sukristik V.A. 100
Sumina O.I. 100
Surina T.A. 219
Suslova E.G. 200
Talanova V.V. 169
Talovskaya E.B. 54
Talskikh A.I. 55
Tarakhovskaya E.R. 26, 169
Tarkhanov S.N. 97
Televinova M.S. 56
Tepliakova S.B. 185
Tihonravova Y.V. 226
Tikhonovich I.A. 174
Timofeeva S.N. 151
Titova G.E. 269
Tonkoshkurov D.V. 56
Trifonova A.A. 245
Troitsky A.V. 241
Trusov N.A. 273
Tsyganov V.E. 159, 173, 176, 184
Tvorogova V.E. 273
Tyurin V.N. 76, 100, 103
Tyutereva E.V. 161, 163, 180
Tyutyunova N.M. 137
Ufimov R.A. 251
Ugrimova E.N. 274
Ulko D.O. 57, 250
Uralov A.I. 151
Utyashova A.S. 69
Uvarova D.A. 219
Vasyukov D.D. 99
Vatserionova E.O. 38
Veselkin D.V. 91
Vinogradova G.Yu. 263, 271
Vinogradskaya M.A. 156, 183
Vishnyakov V.S. 19
Vislobokov N.A. 33
Vlasenko D.V. 126
Vlasov D.Yu. 7, 30
Vlasova I.I. 38, 55
Voitsekhovskaja O.V. 9, 161, 163, 164, 180
Volkova E.M. 82, 117
Volobuev S.V. 199
Volodina A.A. 213
Voronina E.Yu. 11
Voronkova M.S. 165
Voskoboinikov G.M. 156
Xu P. 179
Yakovleva D.R. 222
Yaroslavtseva M.A. 153
Yatsyna A.P. 223
Yemelyanov V.V. .. 169, 185, 186, 187
Yeremeyeva E.Yu. 65
Yudakova O.I. 151, 266
Yudova D.A. 231
Yurkov A.P. 206
Zakharov A.D. 87
Zaporozhets N.L. 42
Zdanevich E.V. 128
Zdravchev N.S. 243
Zelikhina S.V. 114
Zhang Q. 179
Zheleznichenko T.V. 165
Zhelezova S.D. 86
Zheng X. 179
Zhernakov A.I. 174
Zhondareva Ya.D. 22
Zhukov V.A. 174
Zhukova A.D. 81
Zhukovskaya N.V. 166
Zhurbenko P.M. 242
Zhuzhzhalova T.P. 268
Zlatković B. 43
Zlobina Yu.A. 167
Zlobina Yu.M. 126
Zmitrovich I.V. 189
Zorić L. 43
Zubov I.A. 39, 43, 133
Zubov A.I. 132

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПЛЕНАРНЫЕ ЛЕКЦИИ.....5
АЛЬГОЛОГИЯ 17
АНАТОМИЯ И МОРФОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ 33
БОТАНИЧЕСКОЕ РЕСУРСОВЕДЕНИЕ 62
ГЕОБОТАНИКА 73
ГЕОГРАФИЯ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ 106
ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ОХРАНА РАСТЕНИЙ 124
ИНТРОДУКЦИЯ РАСТЕНИЙ.....139
КЛЕТОЧНАЯ И МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ И МЕТАБОЛИЗМ РАСТЕНИЙ И ГРИБОВ.....154
МИКОЛОГИЯ И ЛИХЕНОЛОГИЯ 188
ПАЛЕОБОТАНИКА 224
СИСТЕМАТИКА И ФИЛОГЕНИЯ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ.....232
ЭМБРИОЛОГИЯ И РЕПРОДУКТИВНАЯ БИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ.....257
АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ 275
INDEX OF AUTHORS 277

МАТЕРИАЛЫ
IV (XII) Международной ботанической конференции молодых учёных в Санкт-Петербурге
22–28 апреля 2018 года

Организационный комитет Конференции:
д.б.н. Гельтман Д. В. (председатель),
к.б.н. Волобуев С. В. (заместитель председателя),
Леострин А. В. (ответственный секретарь)

Члены организационного комитета:
Бондаренко М. С., к.б.н. Виноградская М. А., Волчанская А. В., к.б.н. Воронова О. Н., к.б.н. Гагарина Л. В., Гниловская А. А., Ершова Е. А., к.б.н. Ефимов П. Г., к.б.н. Ильина Е. Л., Калугин Ю. Г., к.б.н. Кораблёв А. П., к.б.н. Медведева Н. А., к.б.н. Носов Н. Н., Пагода Я. О., к.б.н. Петрова Н. В., Попова С. С., Пушкарева Л. А., к.б.н. Сазанова К. В., к.б.н. Сеник С. В., Смирнова С. В., к.б.н. Степанова А. В., Степанова В. А., Тюсов Г. А., к.б.н. Тютерева Е. В., к.б.н. Уфимов Р. А., Федосова А. Г.

PROCEEDINGS
of IV (XII) International Botanical Conference of Young Scientists in Saint-Petersburg
April 22nd–28th, 2018

Organizing Committee:
Dr. Dmitry Geltman, Director of BIN RAS (Chairman of the Conference);
Dr. Sergey Volobuev (Vice-Chairman); Artyom Leostrin (Secretary)

Margarita Bondarenko, Dr. Lyudmila Gagarina, Anastasiya Gnilovskaya, Dr. Petr Efimov, Elena Ershova, Anna Fedosova, Dr. Elena Ilina, Yuri Kalugin, Dr. Anton Korablev, Dr. Nina Medvedeva, Dr. Nikolay Nosov, Yanina Pagoda, Dr. Nataliya Petrova, Svetlana Popova, Lyubov Pushkareva, Dr. Katerina Sazanova, Dr. Svetlana Senik, Svetlana Smirnova, Dr. Anna Stepanova, Vera Stepanova, Grigory Tyusov, Dr. Elena Tyutereva, Dr. Roman Ufimov, Dr. Maria Vinogradskaya, Alexandra Volchanskaya, Dr. Olga Voronova