



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
БОТАНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. В.Л. КОМАРОВА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

СЕКЦИЯ БОТАНИКИ НАУЧНОГО СОВЕТА РАН ПО ИЗУЧЕНИЮ
БИОРАЗНООБРАЗИЯ И БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

ВСЕРОССИЙСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

**«КОЛЛЕКЦИИ КАК ОСНОВА ИЗУЧЕНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ
РАСТЕНИЙ И ГРИБОВ»**

(в рамках Первого научного форума «Генетические ресурсы России»,
21–24 июня 2022 г.)

Санкт-Петербург
22–23 июня 2022 года

УДК 58
ББК 28.5

Коллекции как основа изучения генетических ресурсов растений и грибов: Тезисы докладов Всероссийской конференции. Санкт-Петербург, 22–23 июня 2022 г. (в рамках Первого научного форума «Генетические ресурсы России», 21–24 июня 2022 г.). — СПб.: Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, 2022. 64 с.

ISBN 978-5-9905450-5-2

В сборнике представлены тезисы докладов участников Всероссийской конференции «Коллекции как основа изучения генетических ресурсов растений и грибов», проходившей 22–23 июня 2022 года в Ботаническом институте им. В.Л. Комарова РАН в рамках Первого научного форума «Генетические ресурсы России». Работы посвящены различным аспектам современной ботаники и микологии, особенностями работы с коллекциями растений и грибов в свете развития генетических технологий.

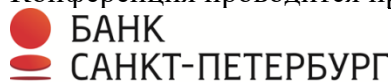
Для научных работников, аспирантов и студентов биологических специальностей.

Редакционная коллегия:

Д. В. Гельтман, Ю. К. Новожилов, С. В. Волобуев, Л. Б. Калинина, А. В. Леострин.

Тезисы публикуются в авторской редакции.

Конференция проводится при поддержке ПАО «Банк Санкт-Петербург»



Технический партнер Конференции – компания TrueConf



ISBN 978-5-9905450-5-2



© Коллектив авторов

© Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, составление

ИРИДАРИЙ — ОДИН ИЗ ПУТЕЙ СОХРАНЕНИЯ ГЕНОФОНДА ИРИСОВЫХ

Н. Б. Алексеева

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН

a_nina@bk.ru

N. B. Alexeeva. Iridarium is one of the ways to preserve the *Iris* gene pool

На территории Ботанического сада Петра Великого около 60 лет существует специальная тематическая экспозиция — Иридарий, которая является богатейшей базой для научно-исследовательской работы. Одной из основных задач научно-исследовательских работ на Иридарии является интродукция и акклиматизация видов и сортов. Из 85 родов 1800 видов сем. Iridaceae на базе Иридария испытано около 130 видов из 40 родов. Создано 40 морозоустойчивых сортов. В настоящее время в коллекции представлено 127 видов и внутривидовых таксонов семейства Ирисовых природной флоры и более 400 сортов ирисов, в т.ч. 33, созданных на Иридарии, а также 26 видов, упомянутых в Красных книгах различного уровня.

Декоративное значение. Знакомство с изменчивостью в природе и культуре. Демонстрация биологического разнообразия полезных растений перед посетителями Ботанического сада, их экологическое и эстетическое образование. Виды и сорта ирисов располагаются в таком виде, чтобы зритель мог получить картину их родословной. С ранней весны и до поздней осени цветут виды и сорта из коллекции корневищных, луковичных и клубнелуковичных родов: *Acidanthera*, *Crocus*, *Gladiolus*, *Iridodictyum*, *Iris*, *Juno*, *Tigridia* и др. Подбор сортового материала представителей рода *Iris* представлен как исходными сортами, имеющими историческое значение, так и современными.

Научное значение. Углубленное и разностороннее изучение образцов, собранных в природе. Возможность полевых исследований и связь с кураторами других исследователей рода *Iris*, сбор и обмен материалом. Поиск новых форм среди дикорастущих растений, их изучение, отбор и размножение. Отработка технологий выращивания, селекции. Использование генофонда Иридария пользователями для научных наблюдений и исследований. В результате всестороннего изучения формируется оригинальный материал, представляющий значимость как для научной, так и практической точек зрения. Он позволяет решить спорные таксономические вопросы, выявить причины малой морозоустойчивости, сделать прогноз рационального введения в культуру и др. В результате секвенирования нового поколения и на основе полученных данных выявлены новые филогенетические связи и высказаны предположения о гибридогенном происхождении ряда видов. Иридарий пользуется большим интересом не только отечественных ученых, но и зарубежных. На базе Иридария разработана система рода *Iris*. Г. И. Родионенко и Н. Б. Алексеева получили международное признание и награды за вклад в исследование и развитие знаний о роде Ирис.

Хозяйственное значение. Генетический источник для развития культурных растений. Произведена оценка не только декоративных, но и биологических свойств завезенных сортов, интенсивности размножения (разрастание кустов), зимостойкости, а также устойчивости к жаре, холоду и засолению почвы, вредителям и болезням.

Просвещение. База для учебных занятий и полевой практики учащихся колледжей, институтов и университетов. Проводятся экскурсии, лекции, выставки. Устройство информационного материала в виде табличек и щитов. Пополняется база данных коллекционного фонда отдела на сайте института и на личном сайте www.flower-iris.ru.

Сохранение генофонда. Это не только выявление природных местообитаний таких растений, способствование их заповедованию и сохранению, но взятие их в условия культуры, где они всесторонне изучаются и размножаются, распространяются через ботанические сады, и реинтродуцируются. Так было, например, с редким видом *Iridodictyum winogradowii*, после детального изучения, растение было размножено и высажено в природу на место его произрастания в Абхазии на горе Гагрипш в 1978 году. Создан банк семян (около 150 видов из 45 родов, 700 образцов).

Традиционная структура Иридария, требующая постоянного места положения коллекции на одном месте, создает некоторые проблемы сохранения всего подобранного разнообразия ирисовых. Суровые зимы, осенние затяжные дожди губят южные теплолюбивые растения, естественно обитающие в аридных и семиаридных условиях.

Работа выполнена в рамках государственного задания по плановой теме «Коллекции живых растений Ботанического института им. В.Л. Комарова (история, современное состояние, перспективы использования)», рег. номер АААА-А18-118032890141-4.

ТАНДЕМНЫЕ ПОВТОРЫ В ГЕНОМАХ ВИДОВ РОДА *DESCHAMPSIA* L. (POACEAE)

**А. В. Амосова*, О. Ю. Юркевич, Н. Л. Большева, Т. Е. Саматадзе,
С. А. Зошук, О. В. Муравенко**

Институт молекулярной биологии им. В.А. Энгельгардта РАН

*amomar@mail.ru

**A. V. Amosova, O. Yu. Yurkevich, N. L. Bolsheva, T. E. Samatadze,
S. A. Zoshchuk, O. V. Muravenko. Tandem repeats in the genomes of species of
the genus *Deschampsia* L. (Poaceae)**

Субполярные и полярные экотипы видов *Deschampsia sukatschewii* (Popl.) Roshev, *D. cespitosa* (L.) P. Beauv и *D. antarctica* E. Desv. (Poaceae) хорошо адаптированы к стрессовым условиям окружающей среды, что делает их полезными модельными растениями для изучения устойчивости растений к абиотическим стрессам. Повторяющиеся последовательности ДНК являются основной и быстро эволюционирующей частью геномов растений, которые могут участвовать в процессах видообразования, а сравнительный анализ повторов ДНК позволяет выявить геномные различия как у близкородственных, так и у отдаленных родственных видов растений. Используя современный подход, сочетающий высокопроизводительное секвенирование ДНК, полногеномные биоинформатические исследования с помощью программ RepeatExplorer/TAREAN, а также FISH–картирование хромосом выявленных семейств сателлитных ДНК (сатДНК), мы впервые провели сравнительный анализ репитомов субполярных и полярных образцов *D. sukatschewii*, *D. cespitosa* и *D. antarctica*. Выявлено, что мобильные генетические элементы класса 1 составляли большую часть среди их повторяющихся последовательностей ДНК (41,21–43,41%). Кроме того, были обнаружены межвидовые отличия по общему содержанию ретроэлементов Ty3/Gypsy и Ty1/Copia, ДНК–транспозонов, рибосомных и сателлитных ДНК. Согласно анализу TAREAN, в репитомах этих видов были идентифицированы 12–18 высокодостоверных сатДНК и 7–9 сатДНК с низкой достоверностью. По данным BLAST, большинство сатДНК *D. sukatschewii* демонстрировали сходство последовательностей с сатДНК *D. antarctica* и *D. cespitosa*, а также с сатДНК других таксонов из родственных родов, что указывает на то, что эти виды могут иметь общего эволюционного предка. FISH–картирование двенадцати сатДНК *D. sukatschewii* в кариотипах изученных видов позволило нам выявить четыре новых эффективных молекулярных хромосомных маркера, важных для сравнительных кариотипических исследований рода *Deschampsia*. Полученные кариограммы этих видов позволили нам сравнить локализацию этих маркеров на хромосомах. Наши результаты подтвердили близость геномов субарктических образцов *D. sukatschewii* и *D. cespitosa* по сравнению с *D. antarctica* по составу повторов и характеру хромосомного распределения сатДНК.

Работа поддержана Программой фундаментальных исследований государственных академий наук (Тема 121052000140–2).

ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН *ATROPA BELLADONNA* L. ПРИ РАЗНЫХ РЕЖИМАХ И СРОКАХ ХРАНЕНИЯ

И. В. Басалаева

Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений
basalaeva@vilarnii.ru

I. V. Basalaeva. Seeds germination of the *Atropa belladonna* L. for different storage periods and condition

Создание коллекций долговременного хранения семян является одним из важнейших направлений сохранения видового разнообразия растений в настоящее время. В России уже более 100 лет проводится работа по сбору, сохранению, изучению и пополнению коллекций разнообразия культурных растений и их диких сородичей, которые являются потенциально ценным материалом для селекции.

Коллекция лекарственных растений Всероссийского научно-исследовательского института лекарственных и ароматических растений на сегодняшний день насчитывает 469 видов, относящихся к 69 семействам и 260 родам. На базе коллекции проводятся исследования по семеноведению, изучению влияния разных режимов и сроков хранения семян на их посевные качества и их долговечность.

Одной из культур, представляющих интерес в аспекте долговременного хранения семян, является белладонна обыкновенная (*Atropa belladonna* L.).

Белладонна относится к семейству пасленовых (Solanaceae), это многолетнее, перекрестноопыляемое, травянистое растение с многоглавым корневищем и крупными ветвящимися корнями. Характеризуется продолжительным вегетационным периодом. Это лекарственное растение, издавна применяющееся в научной медицине и обладающее широким спектром фармакологических свойств. Действие белладонны на организм определяется наличием атропина и скополамина. Препараты белладонны применяются в качестве спазмолитических, болеутоляющих, антисептических и успокоительных средств, в глазной практике для расширения зрачка.

Целью работы было изучение всхожести восьми образцов семян белладонны обыкновенной различных форм из коллекции ФГБНУ ВИЛАР в разных режимах долговременного хранения.

Температурные режимы хранения семян — морозильная камера (-18°C), холодильная камера ($0...+5^{\circ}\text{C}$) и лабораторные условия ($+20^{\circ}\text{C}$). Все образцы семян перед определением посевных качеств подвергались предпосевной обработке гиббереллином. Для этого семена в течение 72 часов замачивались в водном растворе гиббереллина в концентрации 0,05%, затем промывались проточной водой. Проращивание семян проводили в термостате, на ложе из фильтровальной бумаги в чашках Петри при постоянной температуре $+30^{\circ}\text{C}$. Определение энергии прорастания семян проводили на 20-е сутки, а всхожести — на 30-е сутки.

Изучение всхожести семян показало, что сильное влияние на этот показатель оказывает длительность хранения. Так всхожесть семян белладонны, хранившихся более 17 лет, в среднем составила 46%, что вдвое ниже, чем у семян, хранившихся менее шести лет в аналогичных условиях.

По результатам проведенных исследований посевные качества семян *Atropa belladonna* L. сборов 2009–2021 гг., хранившихся при температуре -18°C , $0...+5^{\circ}\text{C}$, соответствовала категории оригинальных, и составляла 78–100%, тогда как всхожесть семян сборов 2002–2004 гг. была ниже допустимых значений и составляла 22–48%.

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод о том, что семена белладонны обыкновенной сохраняют кондиционные качества по всхожести в течение 18 лет при хранении в морозильной камере, 13–16 лет — в холодильной камере и не более шести лет в лабораторных условиях.

РЕГИОНАЛЬНАЯ КОЛЛЕКЦИЯ ЗЕЛЁНЫХ МОНАДНЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ — АНАЛОГОВ *OOPHILA*

О. Н. Болдина

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН
boldina@binran.ru

O. N. Boldina. Regional collection of green *Oophila*-like monads

Зелёная монадная водоросль *Oophila* была обнаружена в конце XIX века в кладках икры североамериканской саламандры *Ambistoma maculatum* Shaw (Orr, 1888). Однако существование *Oophila amblystomatis* Lambert ex Wille (1909) первоначально вызывало сомнения, которые развеялись после описаний подвижных и неподвижных клеток. Оказалось, что в Северной Америке эта симбиотическая водоросль распространена довольно широко. Она встречается также у другого вида саламандры и у одного из видов лягушек (Gilbert, 1942). Несмотря на то, что живые культуры из икры *Ambistoma* были выделены в 1953 г. (Starr, Zeikus, 1993), их идентификация и систематическое положение среди Chlorophyta оставалось неясным.

Изучение симбионтов саламандр и некоторых других амфибий современными методами позволило отнести их к разным клатам Chlamydomonadales (Lin et al., 2014; Jurga et al., 2020), а затем выделить две основные линии — *Oophila* клату «В» (строгих симбионтов, но включающую также свободноживущих Chlamydomonadaceae) и клату «А» *Chlorococcum*-подобных водорослей, часто встречающихся и вне икры амфибий (Anslan et al., 2021).

Все эти исследования касались преимущественно территорий в Северной Америке. Только недавно (Correia et al., 2020; Anslan et al., 2021) были проведены масштабные исследования кладок амфибий в Западной Европе. Выяснилось, что состав симбионтов икры амфибий крайне разнообразен, но преобладающими являются водоросли семейства Chlamydomonadaceae.

На территории Курортного района Санкт-Петербурга нами была обнаружена окрашенная в ярко-зелёный цвет кладка *Rana temporaria* Linnaeus. Водоросль, обильно населяющая оболочку икринок, была идентифицирована как *Edaphochlamys debaryana* (Goroshankin) Pröschold & Darienko и изолирована в культуру (Болдина, 2016).

Дальнейший анализ образцов икры лягушек, обитающих на северных территориях Санкт-Петербурга и Ленинградской области, позволил выделить ещё четыре штамма оофильных водорослей, относящихся к трём таксонам: *Chlamydomonas asymmetrica* Korsch., *Gloeomonas* sp., *Chlorococcum* cf. *hypnosporum* (Болдина, Чунаев, 2020). Эти водоросли (кроме *Gloeomonas* sp.) широко распространены в нашем регионе и иногда даже вызывают «цветения» водоёмов.

Последующие за этим сборы икры амфибий дали возможность пополнить коллекцию ещё семи штаммами оофильных водорослей из южных районов Ленинградской области и других местонахождений Курортного района Санкт-Петербурга. По предварительным данным, полученным с помощью световой и электронной микроскопии, эти штаммы относятся к другим таксонам хламидомонадовых и хлорококковых водорослей.

Включённые в коллекцию штаммы хламидомонад: *Chlamydomonas* sp., *Chloromonas rosae* Ettl, *C. chlorococcoides* (Ettl et Schwartz) Matsusaki, Y.Hara & Nozaki, выделенные с кожи амфибий, обитающих рядом с местами их кладок, отличаются по таксономическому составу от штаммов, изолированных из икры.

Выявленные нами водоросли существенно дополняют американские и европейские таксономические списки. Преодоление трудностей по получению клональных культур оофильных водорослей компенсируется открывающейся возможностью их безошибочной идентификации. Поддержание этих водорослей в коллекции даёт возможность их дальнейшего тщательного изучения и практического применения.

НОВЫЕ ПОДХОДЫ В ИССЛЕДОВАНИИ ФИТОРАЗНООБРАЗИЯ И ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ АЛТАЙСКОЙ ГОРНОЙ СТРАНЫ КАК ОСНОВА ДЛЯ ГЛОБАЛЬНОЙ ИНТЕГРАЦИИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ ГЕРБАРИЯ АЛТВ И ОБМЕНА НАУЧНЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ

А. В. Ваганов*, М. В. Скапцов, А. А. Кечайкин, А. И. Шмаков

Алтайский государственный университет

*vaganov_vav@mail.ru

A. V. Vaganov, M. V. Skaptsov, A. A. Kechaykin, A. I. Shmakov. New approaches in the study of phytodiversity and genetic resources of the Altai Mountain Country as a basis for the global integration of ALTB Herbarium big data and for exchange of scientific results

Благодаря передовым достижениям в области современных генетических технологий и возможностям глобальных систем, процессы исследования фиторазнообразия локальных флор всё чаще находят выход на мировой уровень обмена научными результатами. Среди спектра научно-методологических технологий для получения объективных результатов в исследовании биоразнообразия следует выделить два наиболее сильных — молекулярно-генетические и цифровые. Словно две стороны одной медали эти технологии позволяют поднять с «плато» исследования на новый уровень, обеспечивая в ряде направлений экспоненциальный рост и мобилизацию эмпирических данных. Однако уже сегодня при объединении сведений пространственных и генетических данных стали выявляться первые проблемы.

В конце 2021 г. было положено начало формирования базы данных (далее — БД) размеров геномов хозяйственно-ценных, редких и эндемичных растений, подкреплённых цифровым изображением гербарного листа и сведениями о местах сбора (в рамках программы развития биоресурсных коллекций совместно с БИН РАН). Сведения по размерам геномов мы получаем по отработанной технике проточной цитометрии с использованием иодида пропидия на проточном цитофлуориметре. В БД нами задействованы термины Darwin Core. Однако для отображения сведений размеров геномов (относительное содержание ДНК) исследуемых видов растений в проекте нам пришлось добавить временные термины, которые отсутствуют в библиотеке терминов Darwin Core (<https://dwc.tdwg.org>), индексируемых GBIF. В частности, нами для проектирования БД введены новые базовые термины: DNAamount2C (содержание ДНК 2С, пг), genomesize1C (размер генома 1С, Мбп), standartOrganism (стандарт, выбранный для оценки величины генома с указанием эталонного живого организма), chromosomenumber2N (число хромосом). В полном наборе терминов Darwin Core, индексируемых GBIF, из области генетических технологий имеется только один базовый термин — associatedSequences, несущий сведения о генетической последовательности расшифрованного участка ДНК, но этого, конечно же, недостаточно. В рамках проводимых исследований нашим коллективом планируется в рамках проекта РФФИ «Исследование фиторазнообразия и генетических ресурсов Алтайской горной страны (АГС) на основе больших данных» также провести секвенирование типового материала Гербария АЛТВ к 2023 году и термин «associatedSequences» будет задействован, но не более того.

На современном этапе развития ботаники в России отчетливо стал заметен рост в мобилизации цифровых данных, полученных из этикеточных сведений фондов гербариев, сведений по итогу анализа ДНК и результатов ДНК-штрихкодирования, а также данных по наблюдениям из природной среды. Сопутствующие с этикеточными сведениями пространственные данные, выраженные в точках присутствия (координатах) уже находят спрос на использование далеко за пределами не только ботаники, но и биологии (например, датасет «Virtual Herbarium ALTB (South–Siberian Botanical Garden)» за период неполных пяти лет набрал более 100 цитирований в GBIF (IPT АлтГУ — altb.asu.ru/ipt/). Гербарий АЛТВ (altb.asu.ru) выступает самой крупной коллекцией по территории АГС. Считаем, что внимание в глобальных спецификациях данных к сведениям, получаемым по результатам генетических технологий,кратно могут повысить интерес к датасетам, содержащим широкий набор результатов анализа ДНК, и, как следствие, будут способствовать увеличению темпа обмена научными результатами.

КОЛЛЕКЦИЯ ХЛОРОФИЛЛ-ДЕФИЦИТНЫХ МУТАНТОВ ЯЧМЕНЯ *HORDEUM VULGARE* L. КАК МОДЕЛЬ ДЛЯ ЭКОНОМИЧЕСКИ ЗНАЧИМОГО ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ

О. В. Войцеховская

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН
ovoitse@binran.ru

O. V. Voitsekhovskaja. Collection of chlorophyll-deficient mutants of *Hordeum vulgare* L. as model to enhance crop productivity

Получение стабильно высоких урожаев важнейших для Российской Федерации хлебных зерновых культур — ячменя и пшеницы — в различных климатических зонах РФ требует быстрого создания новых высокопродуктивных сортов. В связи с этим по-прежнему актуален поиск физиолого-биохимических и молекулярно-генетических детерминант, определяющих высокую эффективность продукционного процесса ячменя и пшеницы. Большой потенциал представляет исследование не изучавшихся ранее мутантов: возможно выявление генотипов с новыми характеристиками зерна и надземных частей растений, потенциально перспективными для применения в сельском хозяйстве и пищевой промышленности. Недавние исследования на мутантах ячменя *chlorina* из коллекции Carlsberg Research Laboratory (Копенгаген, Дания), начало которой в 20-х гг. прошлого столетия положили шведские исследователи Н. Nilsson-Ehle и А. Gustaffson, показывают перспективность направленных изменений генов, кодирующих ферменты биосинтеза хлорофилла, для повышения продуктивности. Известно, что мутанты *chlorina*, частично или полностью лишённые антенного хлорофилла *b*, отличаются крайне высокой эффективностью фотосинтетического аппарата: скорость ассимиляции CO₂ на единицу хлорофилла у них на 15–20% выше, чем у растений дикого типа. Потенциально использование сельскохозяйственных культур с таким типом организации фотосинтетического аппарата может дать высокий прирост урожая. Однако до настоящего времени такие мутанты не рассматривались как модели для создания сортов и трансгенов с экономически значимым увеличением продуктивности, поскольку побочные эффекты мутации *chlorina* обычно сводят на нет потенциальную пользу от повышения эффективности их фотосинтеза. В исследованиях лаборатории молекулярной и экологической физиологии БИН РАН было выявлено, что не содержащий хлорофилл *b* мутант ячменя *chlorina f2 3613* в определённых условиях формирует высокопродуктивный фенотип, практически лишённый побочных негативных эффектов мутации *chlorina*, который представляет большой теоретический и практический интерес. Нами были выявлены ключевые механизмы, лежащие в основе формирования данного фенотипа, и объясняющие наблюдаемый и ранее, но не имевший объяснения сильный плейотропный эффект мутации *chlorina* изменением у мутанта ретроградного сигналинга (т.е. регуляции ядерных генов поступающими от хлоропластов сигналами). Таким образом, представляет интерес изучение возможностей геномного редактирования для ячменя, которое позволит направленно отключать ответственный за мутацию *chlorina* ген, кодирующий хлорофиллид-*a*-оксигеназу для сортов ячменя, поддающихся введению в культуру и регенерации, а в дальнейшем, в ходе совершенствования технологии трансформации и регенерации, для наиболее перспективных современных сортов ячменя и возможно других злаковых культур.

ОБРАЗЦЫ *CERCOSPORA* НА СОЕ В МИКОЛОГИЧЕСКОМ ГЕРБАРИИ ВИЗР (LEP)

Е. Л. Гасич^{1*}, Л. Б. Хлопунова¹, А. В. Клещенок²

¹Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений

²Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева

*elena_gasich@mail.ru

Е. Л. Gasich, L. B. Khlopunova, A. V. Kleshchyonok. Specimens of *Cercospora* on soybean in herbarium LEP

Виды рода *Cercospora* являются возбудителями листовых и стеблевых пятнистостей многих экономически значимых растений, в том числе сои культурной. Наиболее крупным определителем церкоспороидных грибов на русском языке продолжает оставаться работа Н. И. Васильевского и Б. П. Каракулина «Паразитные несовершенные грибы. Ч.1. Гифомицеты» (1937). На основе этой монографии и обобщения накопившихся за несколько десятилетий после выхода её в свет данных, был выпущен аннотированный список *Cercospora*-подобных гифомицетов России и стран бывшего Советского Союза (Braun, Melnik, 1997), который в настоящее время является наиболее полной сводкой этой группы грибов. Согласно литературным данным и анализу образцов, хранящихся в микологическом гербарии лаборатории микологии и фитопатологии имени А. А. Ячевского ВИЗР (LEP), на произрастающих в России двух видах сои *Glycine max* и *G. soja* выявлено четыре вида *Cercospora*: *C. canescens* Ellis & G. Martin, *C. cruenta* Sacc. (\equiv *Mycosphaerella cruenta* (Sacc.) Latham), *C. sojina* Hara, *C. kikuchii* (Tak. Matsumoto & Tomoy.) M.W. Gardner. Наиболее часто встречающийся вид *C. sojina* представлен в гербарии LEP 24 образцами, собранными на *Glycine max* и *G. soja* преимущественно в Приморском крае и Амурской области, также имеются единичные образцы из Хабаровского края, Омска, Северного Кавказа и Алма-Аты. Среди имеющихся в гербарии 13 образцов *C. canescens* находки на сое представляют только четыре образца из Ростова-на-Дону, Республики Адыгеи и Крыма, в остальных образцах вид был обнаружен на *Phaseolus mungo* и *P. lunatus* из Краснодарского края, Индии и США. По данным U. Braun и V. Melnik (1997) вид также отмечен на *Glycine max* в Грузии и в Приморском крае, на *Psoralea bituminosa* — в Крыму, на *P. drupacea* — в Таджикистане и Узбекистане, на *Vigna unguiculata* в Грузии. *C. cruenta* (всего восемь образцов) зарегистрирована на *Glycine max* и *G. soja* (четыре образца) в Приморском крае, на видах *Phaseolus* (два образца) — в Краснодарском крае и Италии, *Vigna sinensis* (один образец) — в Индии и *Dolichos sesquipedalis* (один образец) — в Италии. Вид также отмечен на *Glycine max* в Грузии, на *Phaseolus vulgaris* — в Азербайджане, Грузии, Белгородской области (Braun, Melnik, 1997). *C. kikuchii*, являющаяся возбудителем пурпурного церкоспороза листьев и семян сои, в России зарегистрирована на *Glycine max* в Приморском крае (Braun, Melnik, 1997), в Амурской области (Заостровных и др., 2018) и в Краснодарском крае (Саенко, 2019). В гербарии LEP вид представлен двумя образцами: на листьях сои, собранных на Дальнем Востоке СССР и семенах сои из Японии.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ 19-76-30005.

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ И ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО ФЛОРИСТИЧЕСКОГО РЕСУРСА «ЦИФРОВОЙ ГЕРБАРИЙ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ — VORG»

А. Я. Григорьевская*, Д. Р. Владимиров, А. С. Субботин

Воронежский государственный университет

*grigaya@mail.ru

A. Ya. Grigoryevskaya, D. R. Vladimirov, A. S. Subbotin. Prospects for the creation and practical use of a regional web-portal of flora “Digital Herbarium of vascular plants — VORG”

Гербарные коллекции являются одним из наиболее достоверных источников информации о таксономическом разнообразии растительного мира, а также служат хранилищем генетического материала. Они могут быть использованы для многих целей: научных, просветительских, образовательных. Для повышения доступности гербарных коллекций в последние годы проводится их активная оцифровка, создаются электронные флористические базы данных открытого доступа.

На примере гербария факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета (VORG) рассмотрим перспективы создания регионального флористического ресурса «Цифровой гербарий сосудистых растений — VORG». На начало 2022 года гербарий VORG насчитывал свыше 24 000 гербарных листов, а на его материалах создана база данных в реляционной СУБД Microsoft Access, где в табличной форме представлена текстовая информация гербарных этикеток.

Ставится цель сделать доступным для широкого круга специалистов и любителей природы сведения, накопленные за 35 лет непрерывных наблюдений. Для выполнения поставленной цели решаются следующие задачи: 1) создать региональный ресурс «Цифровой гербарий сосудистых растений — VORG» на отдельном сайте или в виде раздела на уже функционирующем популярном интернет-портале; 2) оцифровать около 24000 гербарных листов VORG в высоком разрешении, чтобы повысить его доступность для специалистов, не имеющих возможность посетить гербарий лично; 3) опубликовать текстовые данные гербарных этикеток с возможностью фильтрации по любому критерию поиска (таксономия, местонахождение, экологические условия, дата, ФИО коллектора и др.). Решение этой задачи облегчает наличие готовой базы данных гербарных образцов VORG в среде Microsoft Access; 4) привязать места сбора растений в системе географических координат для их картографической визуализации. Итогом результатом данной работы станет электронный атлас флоры Воронежской области, куда войдут карты документальной регистрации растений, которые возможно было бы использовать в качестве наборов данных при дальнейшем проведении SDM-анализа. Создание моделей позволит уточнить структуру ареалов не только краснокнижных, но и инвазионных растений; 5) составить электронный чек-лист флоры сосудистых растений Воронежской области, куда должны войти обнаруженные в последние годы виды, гербарные образцы которых хранятся в гербарии VORG. Среди них можно выделить *Helichrysum tanaiticum* P.A. Smirn., *Astragalus henningii* (Steven) Klokov, *Lotus zhegulensis* Klokov и другие; 6) разработать обоснования для организации новых ООПТ Воронежской области различного уровня. Этот пункт обретает особую значимость в условиях реализации федерального проекта «Сохранение биологического разнообразия и развитие экологического туризма» национального проекта «Экология».

«Цифровой гербарий сосудистых растений — VORG» будет использоваться не только в научных целях, но и в практике народного хозяйства — в качестве одного из инструментов мониторинга редких и чужеродных видов растений, а также для выявления запасов пищевых, лекарственных, кормовых и других растительных ресурсов в районах сбора гербарных образцов.

Сведения гербарной коллекции VORG и созданной на её основе флористической базы данных могут быть использованы для реализации ещё одной важной задачи современности — выявления перспективных ландшафтных участков для размещения на них в дальнейшем карбоновых полигонов.

ИЗУЧЕНИЕ КУЛЬТУР КАК ОСНОВА ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ СКРЫТОГО РАЗНООБРАЗИЯ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ

Е. С. Гусев^{1*}, Н. А. Мартыненко¹, П. В. Кулизин², Ю. А. Подунай³

¹Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН

²Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского

³Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского — природный заповедник

*algogus@yandex.ru

E. S. Gusev, N. A. Martynenko, P. V. Kulizin, Yu. A. Podunay. Studies of algal cultures as a basis for hidden diversity evaluation

В XXI веке систематика водорослей претерпела очень существенные изменения, что связано, в первую очередь, с широким применением молекулярно-генетических методов при изучении биологических объектов. Для большинства известных таксономических групп водорослей было выявлено несоответствие результатов, полученных при использовании морфологических подходов, на которых традиционно строилась систематика, и выводов молекулярно-генетического анализа. Это потребовало пересмотра как подходов к систематике, так и ревизии представлений об особенностях географического распространения и разнообразия микроводорослей. Ввиду очень малых размеров их полноценное изучение возможно только при использовании культур. Соответственно, увеличение количества выделенных в культуру организмов является критически важным моментом для расширения наших знаний о разнообразии, распространении и эволюции микроводорослей.

В докладе на примере коллекций трудно культивируемых золотистых (более 100 изученных штаммов) и криптофитовых (около 300 штаммов) водорослей рассматриваются результаты и проблемы изучения разнообразия, распространения и филогении этих групп на основе совмещения морфологических и молекулярно-генетических подходов. Для анализа использованы коллекции, сформированные при изучении водоёмов различных климатических зон: тропической (Вьетнам) и умеренной (Россия). Изучение коллекции криптоноад России позволило описать девять новых для науки видов рода *Cryptomonas* и типифицировать ещё три таксона, что увеличило число известных видов для умеренной зоны вдвое. Наши данные показали, что флора рода *Cryptomonas* в тропическом регионе по количеству видов превышает известную флору умеренной и субтропической зон. Всего в тропиках обнаружен 51 таксон видового уровня (статистически поддержанный клад), тогда как из умеренной зоны (Европа и Россия) известно 35 таксонов, а из субтропиков — 27. Данные позволили существенно дополнить филогенетическую систему рода. Аналогичные исследования культур золотистых водорослей выявили более 20 новых для науки таксонов *Mallomonas* и *Synura* и показали скрытое разнообразие среди большинства изученных морфотипов. На основе изучения культур и анализа данных метабаркодинга показано, что большинство видов криптоноад и золотистых водорослей имеют ограниченное распространение, тогда как ранее они считались космополитами. На основе сопоставления морфологических и молекулярно-генетических данных были выделены признаки для разграничения таксонов. Проведено сравнение различных генных регионов и межгенных спейсеров рибосомальной ДНК с целью поиска репрезентативных штрихкодов для метабаркодинга.

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда (проект № 20-14-00211). Материал в тропическом регионе собран в ходе экспедиций Российско-Вьетнамского тропического научно-исследовательского и технологического центра, темы Эколан 1.2 и Эколан 3.2.

**РАБОЧАЯ КОЛЛЕКЦИЯ ЖИВЫХ КУЛЬТУР КАРОТИНОГЕННЫХ
МИКРОВОДОРОСЛЕЙ ИНСТИТУТА БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ
ИМ. А.О. КОВАЛЕВСКОГО**

Н. В. Данцюк*, Э. С. Челебиева, Г. С. Минюк
Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН
*nterent@mail.ru

**N. V. Dantsyuk, E. S. Chelebieva, G. S. Minyuk. Working collection of live cultures
of carotenogenic microalgae from the A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the
Southern Seas**

Понятие «каротиногенные микроводоросли» подразумевает разнородную по таксономическому и экологическому статусу группу эукариотических водорослей, обладающих характерной стрессовой реакцией — массивным накоплением специфических вторичных каротиноидов (ВКар), структурно и функционально не связанных с фотосинтезом и выполняющих защитную функцию. Одним из пионеров исследований физиологии и метаболизма продуцентов астаксантина (Аст) в странах постсоветского пространства является ИнБЮМ им. А.О. Ковалевского. Базовым условием и инструментом развития этого направления было создание собственного экспериментального фонда живых культур каротиногенных микроводорослей для исследования механизмов стресс-толерантности у эврибионтных и экстремофильных одноклеточных фототрофов и выявления коммерчески значимых источников высокоценных в медицинском и пищевом отношении кетокаротиноидов группы Аст. Основные принципы его комплектации состоят в следующем: водоросли должны представлять наиболее массовые таксоны и экологические группы продуцентов Аст, иметь надёжно установленный таксономический статус и храниться в идентичных, строго контролируемых условиях. Коллекция насчитывает 44 штамма микроводорослей различной таксономической и экологической специализации с выраженной способностью к гиперсинтезу ВКар и липидов при экстремальных внешних воздействиях (высыхание, острое голодание, высокая освещённость, температура и солёность, действие токсикантов и пр.). Основными способами пополнения фонда являются направленный межколлекционный обмен каротиногенными видами с ведущими российскими и зарубежными коллекциями микроводорослей и собственные полевые сборы в причерноморских зонах Крыма и Кавказа. Большинство штаммов в коллекции являются представителями двух порядков класса Chlorophyceae — Chlamydomonadales и Sphaeropleales, так как именно в этих порядках явление вторичного каротиногенеза распространено наиболее широко. Среди них преобладают обитатели эфемерных пресноводных водоемов, аэрофильные и почвенные микроводоросли. Все штаммы поддерживаются в состоянии альгологически чистых культур при контролируемых условиях на агаризованных минеральных средах.

Необходимо также отметить, что у каротиногенных микроводорослей биосинтез Аст всегда сопряжён с массивным накоплением нейтральных липидов, пригодных для получения высококачественного биотоплива, поэтому такие виды могут служить источниками сразу двух высоко востребованных рынком продуктов. Это обстоятельство существенно расширяет границы исследований и практического использования сортов коллекции.

**СТРАТЕГИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОЛЛЕКЦИЙ *AEGILOPS*
TAUSCHII COSS. И МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ
ЭФФЕКТИВНОГО ИЗУЧЕНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОЛИМОРФИЗМА И
ЭВОЛЮЦИОННОЙ ИСТОРИИ ВИДА**

А. Ю. Дудников^{1*}, Мин Хао², Дэн-Цай Лю²

¹Институт цитологии и генетики СО РАН

²Институт *Triticeae*, Сычуаньский Аграрный Университет

*dudnikov@bionet.nsc.ru

A. J. Dudnikov, Ming Hao, Deng-Cai Liu. Strategy of effective usage of *Aegilops tauschii* Coss. collections and molecular-genetic methods for investigation of the species genetic polymorphism and evolutionary history

Aegilops tauschii Coss. — диплоидный злак, преимущественно самоопылитель. Это наиболее важный дикий родич мягкой пшеницы *Triticum aestivum* L. — донор хозяйственно-ценных генов для её улучшения, поэтому коллекции *Ae. tauschii* есть в ряде мировых генбанков. *Ae. tauschii* имеет очень высокий уровень генетического разнообразия и сложную популяционно-генетическую структуру, его автохтонные популяции населяют обширный ареал в центральной Евразии, от Турции до района Желтой Реки в Китае. Ни одна из основных генетических коллекций *Ae. tauschii* (ВИР, Санкт-Петербург; Гатерслебен, Германия; Университет Киото, Япония; Канзасский университет, США) не представляет в полной мере ареал вида. Разные коллекции также могут отличаться по генетическим характеристикам. Так, образцы *Ae. tauschii* коллекции ВИР могут быть генетически полиморфными, а образцы *Ae. tauschii* коллекции университета Киото фактически являются генетическими линиями. Для изучения генетического разнообразия *Ae. tauschii* мы отбирали образцы из ряда коллекций как ведущих мировых генбанков, так и локальных коллекций научных институтов. Методами исследования были: белковый электрофорез, секвенирование по Сэнгеру и секвенирование следующего поколения (NGS). Более простые методы позволяли изучать относительно большие выборки и отбирать образцы *Ae. tauschii* для последующего более сложного молекулярно-генетического анализа. Таким образом, было показано, что внутривидовая дивергенция *Ae. tauschii* в значительной степени имела адаптивный характер, и представляла собой сложный многостадийный процесс, включавший ряд “волн миграции” различных филогенетических линий *Ae. tauschii* по его ареалу и конкуренцию между этими линиями. И как результат, сложились выявленные нами в ходе работы современные паттерны филогении и географии *Ae. tauschii*, которые представляют как теоретический, так и практический интерес для эффективного использования генетических ресурсов *Ae. tauschii* в селекции *T. aestivum*.

Работа выполнена при поддержке РФФИ 21-54-53029 и the National Natural Science Foundation of China (32111530019).

ПРОБЛЕМА СОХРАНЕНИЯ ГЕНОФОНДА ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ В ИНТРОДУКЦИОННЫХ КОЛЛЕКЦИЯХ

Т. В. Елисафенко*, О. В. Дорогина

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН

*tveli@ngs.ru

T. V. Elisafenko, O. V. Dorogina. The problem of preserving the gene pool of natural populations in introduced collections

Со второй половины 20 века одним из основных направлений для ботанических садов стало сохранение генофонда растений. Однако интродукция редких и исчезающих видов отличается от интродукции экономически ценных видов. Отличия наблюдаются в мобилизации исходного материала, целях, культивировании, и предполагаемых результатах. С развитием теории интродукции возникают проблемы при сохранении генофонда и, соответственно, вопросы — насколько действительно реально сохранение генофонда растений в условиях культуры, что отмечается некоторыми исследователями (Некрасов, 1980; Карпун, 2004; Прохоров, Карпун, 2012). Это связано с рядом причин. 1. Незначительная репрезентативность образцов из природной популяции. В результате сохраняется ограниченный набор генотипов, который не отражает основной генофонд популяции. 2. Наблюдается гибридизация у близкородственных видов и между представителями разных популяций. 3. При вегетативном размножении и автогамии образуются клоны, что может привести к снижению устойчивости интродукционной популяции. 4. В условиях культуры наблюдается «своеобразный» отбор генотипов, отличающийся от естественного и искусственного, т.к. исходный материал представлен обычно малым количеством образцов, и при размножении интродуктор стремится сохранить все экземпляры, даже с таким генотипом, который в естественных условиях с большой вероятностью элиминировался бы. Искусственный отбор при этом отсутствует. В результате в условиях культуры с одной стороны присутствует незначительное число образцов генотипов и через несколько поколений появляется расширенный комплект потенциально возможных генотипов вида. 5. Интродукционные центры обладают определённой интродукционной ёмкостью, которая определяет вероятность событий. 6. При акклиматизации и адаптации в условиях культуры происходят микроэволюционные процессы, в результате которых генофонд интродукционной популяции может всё больше отклоняться от генофонда донора.

Ряд проблем можно решить в настоящее время. При глобальной цели — сохранение вида как такового, необходимо создавать гибридные интродукционные популяции из представителей разных популяций, это позволит игнорировать существующее перекрёстное опыление между популяциями, так как в результате этого процесса повышается вероятность увеличения устойчивости популяции при разнообразии генотипов. Если ставится задача сохранить генофонд популяций данного вида, то необходимо принять соответствующие меры, не только касающиеся создания барьера между ними, но и проведение анализа изменчивости и идентификации генотипов с использованием молекулярно-генетических методов. Применение сравнительного анализа изменчивости генотипов популяции-донора и интродукционной популяции позволяет определить внутривидовую и межвидовую изменчивость. При низкой внутривидовой изменчивости вероятность сохранения генофонда в интродукционной популяции высока даже при незначительной репрезентативности генотипов из такой популяции. При высокой внутривидовой и межвидовой изменчивости также возможно сохранение генофонда популяций и вида в условиях культуры, даже при формировании смешанной, гибридной популяции. Регулярное привнесение новых генотипов из популяции-донора позволит обогатить генофонд интродукционной популяции и приблизить его к генофонду донора. Таким образом, интродукционные центры действительно могут решать проблему сохранения генофонда природной популяции ряда видов.

ГЕРБАРИЙ ГЛАВНОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА ИМ. Н.В. ЦИЦИНА РАН (МНА) КАК РЕСУРС ДЛЯ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ФИЛОГЕНИИ И СИСТЕМАТИКИ РАСТЕНИЙ

М. С. Игнатов*, Н. Ю. Степанова**

Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН

*misha_ignatov@list.ru, **ny_stepanova@mail.ru

M. S. Ignatov, N. Yu. Stepanova. Herbarium of the Tzitzin Main Botanical Garden RAS as a resource for molecular studies of plant taxonomy and phylogeny

Гербарий Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина (МНА) начал формироваться одновременно с основанием ГБС в 1945 г., специальное помещение получил в 1958 г., а в самостоятельное подразделение был выделен в 2002 г. Фонды гербария начали довольно быстро пополняться с приходом в ГБС РАН А. К. Скворцова. За короткий срок, в 1970–1980 гг. гербарий ГБС стал одним из крупнейших в СССР (Скворцов, Белянина, 2005). Сегодня гербарий ГБС РАН является четвёртым в стране по объёму доступного для пользователей фонда после гербариев БИН РАН (LE), МГУ (MW) и объединённой коллекции Новосибирска (NS+NSK) (Seregin, Stepanova, 2020). На декабрь 2021 г. фонды гербария ГБС РАН составляют 625927 листов сосудистых растений, около 75000 образцов мохообразных, и в последние годы началось формирование коллекции лишайников, насчитывающей 1500 образцов. Ежегодно коллекции пополняются в среднем на 7000 образцов сосудистых растений и примерно 2000 — мохообразных.

Большой объём коллекции, представленность различных систематических групп и широкая география сборов определяют востребованность фонда гербария ГБС для исследований в области систематики растений, изучении региональных флор и их исторической динамики. Кроме того, они используются для углубленных анатомо-морфологических и молекулярно-филогенетических исследований. Ценной особенностью фонда Гербария ГБС является многочисленность «свежих» сборов. Возраст большинства образцов не превышает 30–50 лет, что позволяет успешно использовать их для изучения нуклеотидных последовательностей ДНК или для прочих молекулярно-генетических работ. Так, за последние пять лет по результатам изучения материалов, хранящихся в гербарии ГБС, было опубликовано более 200 статей, что говорит о высокой востребованности коллекции гербария ГБС РАН. Также фонды гербария являются основой для многих научных проектов, проводимых сотрудниками и аспирантами сада на базе лаборатории молекулярной систематики растений под руководством И. А. Шанцера, в том числе при решении ряда таксономических вопросов в ходе подготовки таких крупных монографий как «Флора мхов России», «Флора Нижнего Поволжья», «Калужская флора».

Для образцов мохообразных разработана база данных Arctoa (http://arctoa.ru/Archive-ru/26_1/Arctoa26_001_010.pdf). Тотальная оцифровка гербария сосудистых растений начата в ГБС РАН в 2017 г. Эти материалы размещены на платформе «Цифровой гербарий МГУ» в отдельном разделе Гербарий ГБС РАН, где представлено свыше 97 тысяч отсканированных изображений образцов.

**СОЗДАНИЕ КРИОКОЛЛЕКЦИИ СЕМЕННОГО МАТЕРИАЛА
ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА**
М. Ю. Ишмуратова*, С. У. Тлеуменова, А. К. Рамазанов, Д. Ш. Байгараев
Карагандинский университет имени академика Е.А. Букетова
*margarita.ishmur@mail.ru

M. Yu. Ishmuratova, S. U. Tleukenova, A. K. Ramazanov, A. Sh. Baigarayev.
**Development of cryocollection of seed materials of medicinal plants of Central
Kazakhstan**

Развитие фармацевтической промышленности Республики Казахстан, ориентированной на производство фитопрепаратов, предполагает расширение площадей производства лекарственного растительного сырья. Существующие объёмы не способны удовлетворить растущие потребности, однако лекарственное растениеводство сталкивается с острым дефицитом семенного фонда.

Семена многих видов лекарственных растений имеют ограниченный срок хранения, требуют содержания коллекционных участков для постоянного обновления фонда, для чего необходим штатный состав и значительные финансовые затраты. Семенной фонд может также включать семена дикорастущих растений из разных точек сбора, что позволяет сохранять генетическое разнообразие таксонов, создавать банк семян для видов, нуждающихся в охране.

Ратификация Казахстаном Конвенции о биологическом разнообразии и Нагойского протокола предполагает решение ряда вопросов, связанных с сохранением элементов как дикорастущей флоры, так и потенциала культурных растений. Для сохранения и сбалансированного использования биологического разнообразия в конвенции определен ряд актуальных вопросов, среди которых можно выделить следующую стратегическую задачу: создание банков гермоплазмы (семенной материал, меристемы, почки, замороженные клетки и ткани) растений. Важность криогенных коллекций заключается в том, что метод криоконсервации в жидком азоте позволяет остановить физиологические процессы в растительных клетках и обеспечить длительное хранение при сверхнизкой температуре. Криохранение позволяет решить сразу две задачи: 1) долгосрочное хранение материала и 2) повышение всхожести за счет стратификационного эффекта жидкого азота.

На территории Карагандинской области (Центральный Казахстан) произрастает порядка 240 видов лекарственных растений, применяющихся как в официальной, так и в народной медицине. 15 видов выведены на промышленное возделывание, порядка 185 видов растут в коллекциях на базе Жезказганского ботанического сада (г. Жезказган) и АО «Научно-производственный холдинг «Фитохимия» (г. Караганда). Таким образом, виден высокий потенциал создания регионального семенного фонда дикорастущих и культурных растений.

На базе исследовательского парка биотехнологии и экомониторинга Карагандинского университета имени академика Е. А. Букетова была создана группа криобиологии, обеспеченная оборудованием и материалами для проведения исследований по криоконсервации растительных объектов.

Семенной материал лекарственных растений принадлежит к разным систематическим группам, отличается размерами, типами физиологического покоя, выполненностью, содержанием влаги. Поэтому не существует единых алгоритмов для замораживания семян в жидком азоте, их размораживания и дальнейшего проращивания. На сохранение жизнеспособности семенного материала влияет ряд факторов: тип тары, влажность семян, условия замораживания и размораживания, применение криопротекторов, применение физико-химических методов предпосевной обработки после замораживания в жидком азоте для активации всхожести семян.

Цель исследования: изучение методов и условий криоконсервации, последующей разморозки растительного материала и активации жизнеспособности семян перспективных

лекарственных растений для разработки алгоритмов низкотемпературного замораживания и организации банка краткосрочного и долгосрочного хранения.

Задачи:

1) Оптимизация условий криоконсервации семенного материала лекарственных растений в зависимости от влажности образцов: изучение влияния тары, влажности семян, условий размораживания и замораживания на показатели жизнеспособности семян лекарственных растений.

2) Подбор оптимальных типов и концентраций криопротекторов и их смесей для повышения всхожести и энергии прорастания семян некоторых лекарственных растений.

3) Оценка эффективности физико-химических методов для активации всхожести семян лекарственных растений после хранения в жидком азоте.

В экспериментах проводили испытание следующих видов:

– сем. Asteraceae: *Calendula officinalis*, *Chartolepis intermedia*, *Chamomilla recutita*, *Echinacea purpurea*, *Silybum marianum*, *Serratula coronata*;

– сем. Caryophyllaceae: *Lychnis chalcedonica*;

– сем. Dipsacaceae: *Scabiosa ochroleuca*, *S. isetensis*;

– сем. Hypericaceae: *Hypericum perforatum*;

– сем. Lamiaceae: *Thymus serpyllum*, *Hyssopus ambiguus*, *H. officinalis*, *Nepeta cataria*, *Salvia tepposa*, *Teucrium polium*, *Leonurus cardiaca*, *L. glaucenscens*, *Ziziphora clinopodioides*;

– сем. Linaceae: *Linum perenne*, *L. usitatissimum*;

– сем. Plantaginaceae: *Plantago media*, *P. major*;

– сем. Portulacaceae: *Portulaca oleracea*;

– сем. Ranunculaceae: *Nigella sativa*;

– сем. Scrophulariaceae: *Verbascum thapsus*;

– сем. Valerianaceae: *Patrinia intermedia*, *Valeriana officinalis*.

При выполнении исследований было изучено влияния влажности семян (от 3 до 12%), тары (пластиковые криопробирки Deltalab, металлические контейнеры, бумажные пакеты и фольговые пакеты ZipLock), условий замораживания и размораживания (быстрое на водяной бане, медленное при комнатной температуре, ступенчатое с постепенным понижением и повышением температуры), состава и концентрации криопротекторов и их смесей (ДМСО, глюкоза, сахароза, фруктоза, пропиленгликоль, этиленгликоль, глицерин, смесь криопротекторов PVS2) на показатели всхожести, энергии прорастания и морфологические показатели проростков при замораживании в сжиженном азоте. Испытаны физические методы предпосевной обработки: барботирование в течение суток, обработка магнитным одинарным и двойным магнитным полем в течение суток и трёх суток, лазерное облучение при длине волны 650 и 740 нм при времени воздействия от 30 секунд до 15 минут. В качестве химических факторов использовали замачивание на сутки в регуляторах роста: гетероауксин 0,001%, гумат калия 0,01%, эпин 0,001%, корневин 0,05%. Проведено сравнение семенного материала видового и сортового происхождения.

Установлено, что максимальные показатели всхожести и энергии прорастания семян большинства видов изученных лекарственных растений (*Portulaca oleracea*, *Hypericum perforatum*, *Thymus serpyllum*, *Nepeta cataria*, *Teucrium polium*, *Plantago media*, *Chamomilla recutita*, *Lychnis chalcedonica* и другие) наблюдаются при минимальной влажности 3–5%. Для таких видов, как *Silybum marianum*, *Calendula officinalis*, *Leonurus glaucenscens*, *Echinacea purpurea*, *Chartolepis intermedia*, *Serratula coronata*, не выявлено достоверной зависимости между показателями всхожести и влажностью исходного семенного материала. Оптимальной тарой для замораживания семян в жидком азоте с применением криопротекторов и без них являются преимущественно пластиковые криопробирки, реже — пакетики из фольги. Жизнеспособность семян в бумажной и металлической таре оказалась ниже контрольных значений. По всем вариантам опыта установлены морфометрические показатели (высота, длина корня, длина и ширина семядольных листьев) проростков лекарственных растений. Предпосевная обработка семян после криоконсервации показала более высокие значения всхожести и энергии прорастания. Так, максимальные значения получены на фоне применения

эпина и гумата калия (на 12–28% выше контроля). Замачивание в растворах гетероауксина и корневина дало незначительный прирост всхожести (на 6–9%) в сравнении с контрольными значениями. При применении физических факторов максимальные значения жизнеспособности семян получены на фоне барботирования (всхожесть семян оказалась на 14–50% выше контроля).

Выполнены опыты по определению оптимальных типов и концентраций криопротекторов (глицерин, сахароза, глюкоза, фруктоза в концентрациях 5; 10; 15; 20; 25; 30; 35 и 40%; пропиленгликоль, этиленгликоль в концентрациях 5; 10; 15 и 20%; ДМСО в концентрации 5, 10 и 15%; PVS–2), их смесей для сохранения и повышения всхожести семян при криоконсервации. Определено, что оптимальным криопротектором для семян *Chamomilla recutita* и *Verbascum thapsus* является ДМСО в концентрации 5%, PVS2; *Linum perenne* — глицерин в концентрации 40% или этиленгликоль в концентрации 20%; *Chartolepis intermedia* — сахароза в концентрации 5%; *Nepeta cataria* — глюкоза в концентрации 15%; *Scabiosa ochroleuca*, *Scabiosa isetensis* — сахароза в концентрации 10%; *Plantago media* — ДМСО в концентрации 10%; *Hyssopus officinalis* — глюкоза в концентрации 40%, *Valeriana officinalis* — фруктоза 25%, *Silybum marianum* — глюкоза 15%, 25%, 40% и фруктоза 20%, 30%, *Lychnis chalcedonica* — сахароза 15%. Для семян *Calendula officinalis*, *Salvia stepposa*, *Ziziphora clinopodioides*, *Echinacea purpurea*, *Nigella sativa* и *Leonurus glaucescens* применение криопротекторов нецелесообразно.

Проведена оптимизация ступенчатого замораживания и размораживания семян растений для сохранения максимальной жизнеспособности. Ступенчатое замораживание проводили по следующему протоколу: 30 минут охлаждения в холодильной камере (0–2°C), 30 минут в морозильной камере (–12°C), 30 минут в парах азота (–174°C), погружение в азот (–196°C). Размораживание проводили в обратном порядке: пары сжиженного азота, морозильная камера, холодильная камера и климатическая камера (+24°C). Результаты опытов для ряда лекарственных культур показали увеличение всхожести и энергии прорастания в сравнении с шоковой заморозкой, быстрой и медленной разморозкой. Так, всхожесть семян *Calendula officinalis* при ступенчатом замораживании и размораживании оказалась на 12,5% выше контроля, *Serratula corotana* — на 15%, *Patrinia intermedia* — на 18,3%, *Salvia stepposa* — на 21%, *Echinacea purpurea* — на 11%, *Lychnis chalcedonica* — на 7,8%, *Portulaca oleracea* — на 17,4%. Полученные данные внесены в протоколы замораживания и размораживания семенного материала вышеуказанных растений.

Выявлено, что семена разных видов и сортов требуют индивидуального подбора условий.

Была проведена оценка влияния условий криоконсервации на показатели всхожести видовых и сортовых образцов семян *Echinacea purpurea* сорт Ливадия, *Matricaria recutita* сорта Карагандинская, Старый Лекарь и Подмосковная, *Nepeta cataria* сорта Базилио и Кентавр, *Thymus serpyllum* сорта Аромат, Медок, Лимончелло, *Leonurus cardiaca* сорт Самарский. Выявлено, что для сортовых семян условия криоконсервации отличаются от видовых дикорастущих образцов. Так, большинство образцов сортовых семян необходимо замораживать в пластиковой таре, вариант замораживания и размораживания — трёхступенчатый, обязательное применение криопротекторов.

Полученные данные позволяют разработать алгоритмы криоконсервации семян ряда лекарственных растений. Все виды лекарственных растений, использованные в экспериментах, заложены в криобанк биолого-географического факультета.

Исследования выполнены при финансовой поддержке грантового проекта Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (AP09259548).

КОЛЛЕКЦИЯ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *ASTILBE* В ГБС РАН КАК ОСНОВА ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ

А. В. Кабанов

Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН
alex.kabanow@rambler.ru

A. V. Kabanov. Collection of the genus *Astilbe* in the Tzitzin Main Botanical Garden RAS as a basis for plant breeding

Создание новых сортов астильбы — одно из современных направлений селекционной работы в лаборатории декоративных растений ГБС РАН. Стоит отметить, что за последние годы удалось собрать крупный родовой комплекс астильбы, включающий 151 сорт и семь природных видов. Из 14 садовых групп в коллекции представлено 12. Коллекция астильбы демонстрирует особенности селекции за более чем 110-летний период. Уникальность коллекции заключается в том, что она включает в себя сорта, представляющие все этапы селекционной работы, все селекционные центры, в коллекции представлены сорта практически всех оригинаторов, внесших существенный вклад в селекцию астильбы. Создание столь крупной коллекции позволило начать в 2010 г. работы по гибридизации данной культуры. В настоящий момент работа ведется по трём направлениям:

— получение высокорослых обильно и продолжительно цветущих гибридов в достаточно ранние сроки (с I декады июля). В селекционном процессе помимо сортов классического сортимента использованы и современные образцы зарубежной селекции, представляющие садовую группу *Astilbe hybrida* hort. ex Ievinya & Lusinya — ‘Capuccino’, ‘Ploni’, ‘Mighty Red Queen’, ‘Mighty Joe’. На основе полученных в 2011 г. гибридных семян был отобран образец А 10–11 (‘Оленька’) от свободного опыления сорта ‘Gloria’. Образец характеризуется следующими параметрами: растение высокое (общая высота 95–100 см), листья — до 40 см. Соцветие крупное, длиной 34–35 см, слегка поникающее. Аромат умеренный. Общая окраска соцветия светло-фиолетовая (77–D), окраска лепестков — светло-фиолетовая (77–D), чашечка — крупная, белая с розовым оттенком (36–D). Центральная ось соцветия в нижней части светло-желтовато-зелёная, на вершине почти белая (с легким розовым оттенком). Образец характеризуется долгим цветением (начало цветения с I декады июля, окончание цветения к I декаде августа).

— привлечение природных видов, ранее практически не используемых в селекционной работе — *Astilbe microphylla* Knoll и *A. biternata* (Vent.) Britt. Оба вида отличаются нехарактерной для большинства природных видов формой и фактурой листа, к тому же *A. biternata* характеризуется ранним цветением.

— создание позднецветущих гибридов. В 2020 г. был отобран перспективный позднецветущий селекционный образец А 18–30. Особенностью данного образца является очень позднее цветение (в 2021 г. период цветения со второй половины сентября по I декаду октября, ни один из сортов в коллекционном фонде астильбы так поздно не цветет, однако следует проверить сроки цветения еще в течение двух–трех лет). Описание: соцветие ажурное, поникающее, ширина — 13 см, длина — 15 см. Цветение одновременное, обильное, общая окраска желтовато-белая (158–B). Аромат приятный, слабый. Центральная ось — внизу коричнево-бурая, в верхней части желтовато-зелёная. Лепесток лопатчатой формы, белый (155–A). Чашелистики белые. Общая высота 44 см, высота листьев — 31 см.

ИЗУЧЕНИЕ СВЯЗИ «ВЕГЕТАТИВНАЯ СТАДИЯ–СТОМАТОЦИСТА» У ЗОЛОТИСТЫХ ВОДОРОСЛЕЙ (CHRYSORHYZEAE) НА ОСНОВЕ КОЛЛЕКЦИИ КУЛЬТУР

Д. А. Капустин*, М. С. Куликовский

Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН

*phycology@mail.ru

D. A. Kapustin, M. S. Kulikovskiy. Study of the “vegetative stage–stomatocyst” link in chrysophytes based on culture collection

Золотистые водоросли (Chrysophyceae) способны образовывать эндогенные кремнеземные стадии покоя, или стоматоцисты, в ответ на изменения окружающей среды. Стоматоцисты хорошо сохраняются в донных отложениях и находят применение в палеолимнологии для реконструкции палеоклиматических условий. Предполагается, что стоматоцисты видоспецифичны, однако лишь для 5% описанных морфотипов известна их биологическая принадлежность. Таким образом, установление связи «вегетативная стадия–стоматоциста» является важным направлением исследований этой группы организмов.

Установить, какой же вид хризифит образует ту или иную стоматоцисту можно при изучении природных популяций, однако для этого материал должен быть достаточно массовым, что бывает редко. Наиболее надёжным является изучение стоматоцист, образующихся у культивируемых штаммов.

В коллекции культур цианобактерий и водорослей лаборатории молекулярной систематики водных растений ИФР РАН поддерживается около 30 штаммов золотистых водорослей, относящихся к родам *Synura* Ehrenb., *Mallomonas* Perty, *Ochromonas* Vysotskij и *Chrysastrrella* Chodat. Нам удалось впервые получить и изучить с помощью сканирующей электронной микроскопии стоматоцисты таких золотистых водорослей, как *Synura macracantha* Asmund, *S. spinosa* Korshikov и *Mallomonas lelymene* K. Harris et D.E. Bradley. Также были изучены стоматоцисты *Chrysastrrella paradoxa* Chodat и *Synura* sp. (sect. *Peterseniana*). Дальнейшие исследования помогут установить стоматоцисты многих других видов золотистых водорослей.

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда № 22-24-00662.

КОЛЛЕКЦИЯ КУЛЬТУР МИКРОВОДОРОСЛЕЙ ЛАБОРАТОРИИ МОЛЕКУЛЯРНОЙ СИСТЕМАТИКИ ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ ИФР РАН КАК ОСНОВА ДЛЯ РАСШИФРОВКИ ДАННЫХ МЕТАБАРКОДИНГА

Е. М. Кезля*, Е. Е. Гусева, Е. И. Мальцев, М. С. Куликовский

Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН

*melosira@mail.ru

E. M. Kezlya, E. E. Guseva, Ye. I. Maltsev, M. S. Kulikovskiy. Collection of microalgae cultures of the Laboratory of molecular systematics of water plants, IPP RAS, as a basis for metabarcoding data interpretation

Внедрение молекулярных методов для изучения разнообразия водорослей получило интенсивное развитие в последние два десятилетия. Большие перспективы в этом отношении открывает метод метабаркодинга, который предполагает быструю и точную идентификацию видового состава множества природных образцов одновременно. Основополагающую роль в расшифровке таких данных играют так называемые штрихкодвые (или баркодвые) библиотеки, созданные на основе коллекций культур микроводорослей и содержащие подробные данные по экологии, последовательности генетических маркеров и визуализированные результаты изучения морфологии таксона. Однако разнообразие микроводорослей очень велико, а получение качественных референсных последовательностей достаточно трудоёмкий процесс, связанный со сложностями в выращивании моноклональных культур, трудностями с ПЦР и идентификацией, зачастую требующей применения сканирующей или трансмиссионной микроскопии.

Целью создания коллекции культур микроводорослей лаборатории молекулярной систематики водных растений ИФР РАН является планомерное получение и накопление альгологически чистых штаммов и их ДНК для дальнейшего применения в исследованиях, связанных с филогенетическим положением и биогеографией видов, анализом криптического разнообразия, описанием новых видов, с поиском биотехнологически ценных штаммов и т.д. В состав коллекции входят штаммы, выделенные сотрудниками лаборатории из природных образцов воды (пресные и солёные водоёмы), почвы, обрастаний растений и искусственных субстратов. Создана база данных, в которой для каждого штамма указаны: информация о месте сбора (дата, географическое положение, координаты, местообитание), данные по основным параметрам среды (рН, температура, электропроводность, солёность, в некоторых случаях общее содержание фосфора и азота и т.п.), данные о состоянии культуры и датах пересадок; прикреплены изображения со светового и (или) сканирующего микроскопов, последовательности (ДНК-штрихкоды) по основным генетическим маркерам. К настоящему времени в коллекции представлены штаммы, полученные из разных стран мира: Вьетнама, Индонезии, Эфиопии, Японии, Индии, Монголии, Испании. Масштабный сбор и обработка материала проведены в России: Камчатка, Дальний Восток, Урал, озеро Байкал, Крым, Краснодарский край, Абхазия, Осетия, Карелия, Мордовия, Кабардино-Балкария, водоёмы г. Москвы и Московской области. Объём материала насчитывает 5633 штамма, из которых для 3795 штаммов диатомовых водорослей приготовлены постоянные препараты. Сиквенсы по генетическому маркеру V4 18S rDNA получены для 2262 штаммов, по *rbcL* для 1613 штаммов, по ITS для 568, часть из них депонирована в GenBank. Коллекция ДНК при необходимости позволит расширить набор генетических маркеров для каждого штамма. На основе коллекции описано множество новых для науки видов с указанием филогенетического положения. Таким образом, обширный и хорошо задокументированный материал коллекции представляет собой большой вклад в реализацию применения молекулярных методов для идентификации водорослей и, как следствие, расшифровки данных метабаркодинга. Особо следует отметить наличие большого количества штаммов, выделенных из природных образцов на территории России, т.к. именно этот материал закладывает фундамент для настройки и применения метабаркодинга водорослей в оценке и мониторинге состояния водных экосистем нашей страны.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (проект № 22-24-00965).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ CRISPR/Cas ДЛЯ РЕДАКТИРОВАНИЯ ГЕНОВ *DEEPER ROOTING 1 (DRO1)* ОГУРЦА (*CUCUMIS SATIVUS L.*)

А. С. Кирюшкин*, Е. Д. Гусева, Е. Л. Ильина, К. Н. Демченко

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН

*akiryushkin@binran.ru

A. S. Kiryushkin, E. D. Guseva, E. L. Ilina, K. N. Demchenko. Using the CRISPR/Cas system for editing the *DEEPER ROOTING 1 (DRO1)* genes of cucumber (*Cucumis sativus L.*)

Вектор роста подземных органов растений регулируется различными генами. Одними из них являются гены семейства *IGT (LAZY1/TAC1/DRO1)*. Представитель семейства *IGT*, ген *DRO1*, первоначально был описан как регулятор глубины укоренения у различных сортов риса. Впоследствии гомологи *DRO1* были идентифицированы у других видов растений, как у однодольных, так и у двудольных. Целью данного исследования было выяснение роли гена *DRO1* огурца (*Cucumis sativus L.*, сем. Cucurbitaceae) в регуляции изменения угла наклона боковых корней.

У огурца было идентифицировано три предполагаемых ортолога гена *DRO1* риса и *Arabidopsis* — *CsDRO1a*, *CsDRO1b*, *CsDRO1c*. Для выяснения роли каждого гена в регуляции угла наклона боковых корней у огурца было необходимо провести их нокаут. Одним из самых удобных способов полного отключения функции изучаемого гена является использование системы CRISPR/Cas. Однако перед применением в выбранном растительном объекте данную систему следует оптимизировать. В частности, необходимо подобрать скрининговый маркер, позволяющий эффективно отличить трансгенный материал от нетрансгенного. На сегодняшний день самыми эффективными скрининговыми маркерами для поиска трансгенного материала, а, следовательно, и для поиска актов редактирования, остаются флуоресцентные белки. Наиболее распространённым маркером является зелёный флуоресцентный белок (GFP). В данной работе было показано, что корневые системы у различных сортов огурца обладают значительной автофлуоресценцией в зелёно-жёлтой области видимого спектра, поэтому использование GFP, как маркера для поиска трансгенного материала, не представляется возможным. Таким образом, исходный вектор для редактирования, pKSE401, был модифицирован кассетой, экспрессирующей оранжевый флуоресцентный белок DsRed1. На основе модифицированного вектора, названного pKSE401–RedRoot, были собраны конструкции для редактирования одного из трёх генов: *CsDRO1a*, *CsDRO1b* или *CsDRO1c*. Был проведён нокаут каждого гена в корнях огурца. Для гена *CsDRO1a* эффективность редактирования была 94%, для *CsDRO1b* — 75%, для *CsDRO1c* — 50%. Несмотря на то, что редактирование приводило к полному нокауту генов, не было выявлено статистически достоверных изменений угла наклона боковых корней у трансгенных корней, несущих редактированную последовательность гена *CsDRO1a*, *CsDRO1b* или *CsDRO1c*.

Полученные результаты позволяют предположить, что эти гены могут осуществлять перекрывающиеся функции, связанные с регуляцией угла наклона боковых корней.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках ФНТП Развитие генетических технологий (Биоресурсные коллекции, соглашение № 075-15-2021-1056).

ЦИФРОВОЙ ГЕРБАРИЙ ЦСБС СО РАН: ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Н. К. Ковтонюк

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН
knat2008@yandex.ru

N. K. Kovtonyuk. CSBG SB RAS digital herbarium: current state, problems and prospects

Исторически так сложилось, что гербарий сосудистых растений Центрального сибирского ботанического сада СО РАН представляет собой консорциум двух коллекций, которые имеют свои собственные акронимы в Index Herbariorum: коллекция имени И. М. Красноборова (NS) и коллекция имени М. Г. Попова (NSK). Обе коллекции сосудистых растений вместе насчитывают около 700 тыс. гербарных образцов, собранных не только с территории Сибири и Дальнего Востока, но также из европейской части России, зарубежной Европы, Азии и Северной Америки.

Цифровой гербарий ЦСБС СО РАН начал создаваться в 2018 г. по таксономическому принципу с оцифровки отдельных семейств сосудистых растений в рамках программы дополнительного государственного задания и развития биоресурсных коллекций (БРК). Были приобретены два специализированных сканера ObjectScan 1600 с программным обеспечением ScanWizard Botany для сканирования гербарных образцов, распознавания текста этикеток и MiVapp Botany для создания Цифрового гербария (Microtek, Taiwan). За это время более 73 тыс. образцов оцифрованы и размещены в Цифровом гербарии CSBG SB RAS (<http://herb.csbg.nsc.ru:8081>). Полностью оцифрованы папоротники из коллекций NS и NSK, семейства Primulaceae, Geraniaceae, рода *Allium*, *Rhododendron*, *Medicago*, а также типовые образцы названий сосудистых растений, хранящиеся в коллекциях ЦСБС. Зарегистрированные пользователи имеют возможность проводить поиск образцов по следующим полям: семейство, род, вид, баркод (штрихкод или ID образца), название страны, административный район, коллектор, дата сбора; а также скачать копии гербарных образцов в формате jpg и в случае необходимости сделать запрос на полновесный файл в формате tif размером около 200 Мб. Ваучерные образцы, материал которых был взят для проведения молекулярно-генетических, анатомических или кариологических исследований, имеют собственные этикетки, информация с которых заносится в поле примечаний (notes) в цифровом гербарии.

При использовании пакета программ Integrated Publishing Toolkit (IPT), установленном на сервере института, на портале GBIF.org в открытом доступе опубликовано 14 наборов данных (datasets) с результатами оцифровки гербарных образцов коллекций ЦСБС. Эти датасеты служат исходным материалом для таксономических обзоров и публикации статей в формате “data paper”.

В процессе цифровой инвентаризации гербарных фондов и создания цифрового гербария мы столкнулись с рядом технических проблем, связанных с нехваткой расходных материалов для поддержания коллекций, устаревшими компьютерами, недоработанным программным обеспечением и отсутствием программиста в штате института. Финансовая поддержка Минобрнауки России в рамках Соглашения № 075-15-2021-1056 от 28 сентября 2021 г. между БИН РАН и Министерством науки и высшего образования Российской Федерации, а также договор ЕП/29-10-21-4 между БИН РАН и ЦСБС СО РАН позволили решить технические проблемы с материальным обеспечением гербарного сервера и гербарных коллекций для поддержания их в современном состоянии.

В перспективных планах — провести оцифровку всех коллекций сосудистых растений ЦСБС и обеспечить удаленный доступ к нашим гербарным фондам для проведения таксономических исследований, изучения биоразнообразия, построения моделей изменения климата, для разработки программ автоматического определения растений.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ХРАНЕНИЯ ЧИСТЫХ КУЛЬТУР МАКРОМИЦЕТОВ

Н. С. Комиссаров*, М. Ю. Дьяков**, Л. В. Гарибова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

*macoloams@gmail.com, **max_fungi@mail.ru

N. S. Komissarov, M. Yu. Dyakov, L. V. Garibova. Comparative analysis of storage methods for pure macromycetes cultures

Бурное развитие методов молекулярной биологии и различных отраслей биотехнологии в последние десятилетия вызвало значительное повышение интереса к грибам и, в частности, к макромицетам. Всё больше видов этой относительно малоизученной группы макроскопических организмов становятся объектами прикладных исследований.

Базовое значение для поиска новых перспективных для биотехнологии видов и штаммов макромицетов, селекции новых продуцентов, оптимизации методов культивирования и внедрения новых технологий играют коллекции чистых культур. Основная задача таких предприятий — сохранение штаммовых характеристик и хозяйственно важных свойств депонированных объектов в течение длительного периода времени. В связи с этим особую актуальность приобретают исследования по разработке новых и оптимизации уже известных методов хранения и оценки состояния чистых культур.

Большинство видов макромицетов не формируют конидии и другие структуры бесполого размножения, что не позволяет использовать ряд методов хранения чистых культур, разработанных для биотехнологически важных микромицетов.

В данной работе мы приводим первые результаты по сравнительному анализу современных методов хранения макромицетов из различных таксономических и эколого-трофических групп.

В экспериментах использовали 21 штамм макромицетов, принадлежащих к 13 видам, 11 родам, девяти семействам, пяти порядкам, двум классам и двум отделам.

Хранение проводили четырьмя основными методами: на агаризованных средах, под слоем дистиллированной воды, криохранение при температуре -80°C , сублимационная сушка.

Наибольшее внимание уделялось криохранению. Закладку на криохранение проводили по двум протоколам:

1. Модифицированный «перлитовый протокол», с измельчённым перлитом в качестве носителя биоматериала. В двух вариантах, по используемому криопротекторному соединению: глицерин (I вариант) и трегалоза (II вариант).

2. Протокол с использованием зёрен *Triticum aestivum* L. и *Panicum miliaceum* L. с развившимся на нём мицелием. В качестве криопротектора использовался 10% раствор глицерина в дистиллированной воде.

Замораживание проводилось непрограммируемым и программируемым (с использованием контейнера для контролируемого замораживания) способами.

Оценка жизнеспособности культур определялась по скорости роста на агаризованной среде и по ростовому коэффициенту.

Выбранные методы закладки культур на хранение в целом показали свою эффективность. Тем не менее, большое количество культур в той или иной степени снизили ростовые показатели. Отдельные культуры потеряли жизнеспособность в ряде вариантов хранения. Показательно, что изменения ростовых показателей после хранения могут достоверно различаться у разных штаммов одного вида. Это свидетельствует о необходимости учитывать возможную штаммовую специфичность при подборе методов хранения.

В любом случае необходимы дальнейшие более детальные исследования с расширением спектра методов оценки состояния культур макромицетов (ферментативная активность, накопление биомассы, способность к плодоношению и т.п.).

КОЛЛЕКЦИИ ТИПОВЫХ ОБРАЗЦОВ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ: ЗНАЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В МОЛЕКУЛЯРНО-ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Т. В. Крестовская, И. В. Соколова*

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН

*isokolova@binran.ru

T. V. Krestovskaya, I. V. Sokolova. Collections of type specimens of vascular plants: importance and use in molecular phylogenetics

Один из шести принципов современной номенклатуры водорослей, грибов и растений, обеспечивающих её однозначность и стабильность — принцип типификации. Отсюда следует важнейшее научное значение типовых образцов: они точно определяют применение научных названий организмов. Вместе с тем они имеют немалую историческую ценность: так, типовые образцы ряда современных научных названий растений имеют возраст около 200 (Chamisso), 300 (Linné) и даже 400 (Bursler) лет. В последние десятилетия значительно выросло число работ по созданию каталогов типовых образцов сосудистых растений (LE, NY), а также баз данных и виртуальных гербариев (BM, K, P, W) с размещением их в сети Интернет. Важной составляющей работы систематиков является квалифицированная типификация названий. В отсутствие вышеупомянутых баз данных и каталогов эти исследования были бы более трудоёмкими и менее продуктивными.

Анализ признаков типовых образцов для выяснения правильного применения названий часто не ограничивается морфологическими признаками: современные исследователи всё более нацелены на молекулярно-генетический анализ типов. В результате создается противоречие между требованием постоянного сохранения типовых образцов и необходимостью их изучения современными методами, что подразумевает изъятие и разрушение коллекционного материала.

С позиции сотрудников Гербария, чья работа нацелена на сохранение коллекций, укажем ряд способов минимизации этого конфликта.

Современная практика гербарной работы, как правило, допускает, с разрешения куратора коллекции, забор фондового материала для различных (в том числе молекулярных) исследований, с цитированием ваучерных образцов в публикации. Изъятие фрагментов типовых образцов разрешено лишь в исключительных или остро необходимых случаях.

Полагаем, что при сборе и монтировании гербарных образцов следует предусматривать дополнительный материал (например, хранящийся в конверте), предназначенный для молекулярных и иных исследований без нарушения целостности основного образца. «Правилom хорошего тона» было бы не только цитирование образцов в публикации, но и размещение на гербарном образце ссылки на опубликованную работу.

Обрабатывать гербарий от вредителей следует промораживанием, что обеспечивает лучшую сохранность ДНК и позволяет использовать меньший объем материала.

При наличии достоверно определенных нетиповых образцов предпочтительно брать для анализа их; при наличии пара- или изотипов — использовать их, а не голо- или лектотипы. При взятии материала с типов — применять методики, позволяющие выделять ДНК из минимально возможного образца.

При молекулярном анализе типов не следует ограничиваться определением нескольких «стандартных» последовательностей, но по возможности исследовать геном максимально полно.

Если группа включает ряд криптических таксонов, трудно различимых морфологически, и при этом молекулярный анализ типового образца невозможен, образец с определенными молекулярными характеристиками, наиболее точно соответствующий имеющемуся типу, рекомендуется обозначить в качестве эпитипа.

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ SRAP ДЛЯ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ПАСПОРТИЗАЦИИ СОРТОВ СИРЕНИ

А. А. Криницына*, Д. С. Меркушкин, О. А. Чурикова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

*krinitsina@msu-botany.ru

А. А. Krinitsina, D. S. Merkushev, O. A. Churikova. The possibility of using the SRAP system for molecular passporting of lilac cultivars

Во многих ботанических садах существуют коллекции высокодекоративных культур, одной из таких является сирень. На сегодняшний день в мире насчитывается более 2000 сортов этой культуры. В коллекции сиригария Ботанического сада МГУ имени М.В. Ломоносова представлено 130 сортов, среди которых есть сорта, выведенные известными французскими (Виктор и Эмиль Лемуан), советскими (Л. А. Колесников, Н. Л. Михайлов, Н. К. Вехов и др.), немецкими и американскими селекционерами. Многие экземпляры коллекции уже довольно почтенного возраста, создание же живой коллекции растений в стерильной культуре позволяет не только сохранить сортовое разнообразие, но и получить корнесобственные растения, идентичные материнским.

Формирование и поддержание живой коллекции растений в асептической культуре — сложный комплекс мероприятий, который включает в себя применение ряда биотехнологических приемов, связанных с введением растений в стерильную культуру и их размножением, а также поддержанием и сохранением их в течение длительного времени в условиях замедленного роста. Кроме того, необходимо выявлять уникальные генотипы, изучать происхождение сортов, создавать молекулярные паспорта, следить за однородностью и идентичностью получаемых клонов. На сегодняшний день существует ряд молекулярно-биологических методов, позволяющих проводить подобные работы. Для создания молекулярных паспортов сирени используют разные варианты маркерных систем и их комбинации. Например, в Центральном ботаническом саду НАН Белоруссии была разработана система мультилокусных генетических паспортов на основе 3 RAPD и 2 ISSR–праймеров. Нами была показана возможность использования относительно новой системы SRAP, которая ранее хорошо себя зарекомендовала при работе с представителями сем. Brassicaceae (*Brassica oleracea*, *B. rapa*, *B. napus*), Solanaceae (сорта картофеля), Rosaceae (сорта яблонь), Paeoniaceae (сортные пионы), Oleaceae (*Osmanthus fragrans*). При оценке молекулярных профилей 12 сортов сирени из различных садовых групп, полученных с использованием семи комбинаций прямых и обратных SRAP–праймеров было выявлено пять пар, использование которых позволяет уверенно разделить исследованные сорта сирени обыкновенной. В процессе работы также было показано, что качественные характеристики образцов ДНК растений из стерильной культуры значительно отличаются от таковых исходных растений. На основании значений показателей поглощения OD_{260/280} и OD_{260/230} было выявлено, что образцы ДНК растений как из ботанического сада, так и из стерильной культуры практически не отличались по примесям белка (OD_{260/280} 2,02±0,06 и 1,97±0,09), тогда как для образцов ДНК растений исходных растений было выявлено загрязнение полисахаридами и фенольными соединениями (OD_{260/230} 1,577±0,42). Для образцов ДНК растений из стерильной культуры слишком высокое соотношение OD_{260/230} (2,87±0,51) может указывать на наличие органических кислот.

РОЛЬ КОЛЛЕКЦИЙ СОРНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕТОДОВ ИХ ИДЕНТИФИКАЦИИ

Ю. Ю. Кулакова*, Ю. В. Орлова, В. Г. Кулаков

Всероссийский центр карантина растений

*thymus73@mail.ru

Yu. Yu. Kulakova, J. V. Orlova, V. G. Kulakov. The role of weed collections for the development of identification methods

Всероссийский центр карантина растений с момента своего создания и на протяжении десятков лет проводит работы по сбору семян и плодов сорных видов растений. В фондах института сохранились старейшие коллекции и уникальные образцы семян, которые были получены в ходе обмена опытом с иностранными коллегами и поездок сотрудников в зарубежные страны. За последние годы сотрудники ФГБУ «ВНИИКР» участвовали в полевых выездах в различные страны мира: Аргентина, Вьетнам, Индонезия, Кения, Китай, Колумбия, Мексика, Перу, Узбекистан, Чили, Южная Корея, Япония и др.; проводили сборы сорных растений в условиях их естественного ареала. Собранные образцы существенно пополнили коллекционные фонды института. На сегодняшний день аннотированная карпологическая коллекция, созданная в отделе инвазионных видов растений, включает 1417 образца, относящихся к 340 родам и 1250 видам цветковых растений. Наиболее полно представлены образцами растения, включенные в Единый перечень карантинных объектов ЕАЭС и принадлежащие родам *Cenchrus* spp. (163 образца), *Bidens* spp. (101), *Solanum* spp. (59), *Ipomoea* spp. (81), *Ambrosia* spp. (25), *Euphorbia* spp. (10), а также сорные растения, являющиеся засорителями сельскохозяйственной продукции и входящие в карантинные перечни других стран мира (более 100 таксонов природной флоры России). Широкий охват образцов инвазионных видов растений, отсутствующих или ограниченно присутствующих на территории нашей страны, позволяет всецело оценить их внутривидовую изменчивость, проанализировать стабильность тех или иных морфологических и генетических признаков, что очень важно при разработке надёжных методов идентификации. Вовлечение метода сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) позволяет осуществлять поиск новых микроморфологических диагностических признаков растений и семян, определение которых затруднено классическим морфологическим методом с использованием световой микроскопии. На основе этих подходов были разработаны пошаговые инструкции по идентификации растений/семян/плодов/соплодий карантинных видов *Cenchrus longispinus* (Hack.) Fernald, *Solanum elaeagnifolium* Cav., *Euphorbia dentata* Michx. У образцов карантинных видов пасленов был охарактеризован тип опушения — как один из значимых морфологических маркеров для быстрой и надёжной идентификации. В настоящее время разрабатываются методы диагностики череды волосистой *Bidens pilosa* L. и паслёна каролинского *Solanum carolinense* L. В результате проводимых научных исследований разрабатываются и внедряются в практическую деятельность «Методические рекомендации по выявлению и идентификации карантинных объектов», которые востребованы аккредитованными испытательными лабораториями, работающими в области карантина растений и позволяют проводить проверки импортных партий продукции. Эти методики крайне важны для раннего обнаружения и упреждающих действий, направленных на предотвращение заноса и распространения вредных организмов на территории Российской Федерации.

КОЛЛЕКЦИЯ ШТАММОВ ДРОЖЖЕЙ НАУЧНОЙ ЛАБОРАТОРИИ БИОЛОГИИ АМИЛОИДОВ СПБГУ КАК ОСНОВА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ АМИЛОИДОЗОВ ЧЕЛОВЕКА

К. Ю. Куличихин^{1*}, С. П. Задорский^{1, 2}

¹Санкт-Петербургский государственный университет

²Санкт-Петербургский филиал Института общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН

*konstantin_kulichikhin@yahoo.com

K. Yu. Kulichikhin, S. P. Zadorsky. Collection of yeast strains of the scientific laboratory of amyloid biology (SPSU) as a basis for the study of human amyloidosis

Амилоиды — самособирающиеся упорядоченные белковые полимеры, формирующиеся за счёт образования межмолекулярных кросс- β -структур и воспроизводящиеся по механизму нуклеированной полимеризации. Инфекционные амилоиды, способные передаваться между клетками или организмами, называются прионами. Амилоиды и прионы связаны с рядом серьёзных заболеваний человека и животных, таких как болезни Альцгеймера, Паркинсона и Хантингтона, боковой амиотрофический склероз, коровье бешенство, диабет II типа и др.

Эндогенные прионы найдены также у дрожжей и других грибов. Во многих случаях они контролируют детектируемые фенотипические признаки и являются факторами белковой наследственности у низших эукариот. Фактор терминации трансляции Sup35 (eRF3) является одним из наиболее широко изученных прионогенных белков дрожжей. Прионизация белка Sup35 — формирование приона [*PSI*⁺] — приводит к увеличению частоты прочитывания стоп-кодонов как значащих и, как следствие, к супрессии нонсенс-мутаций. На этом основана система фенотипической детекции прионизации белка Sup35 в штаммах дрожжей, несущих нонсенс-мутацию *ade1-14* в гене *ADE1*.

Дрожжи являются удобным модельным объектом для генетических, биохимических и молекулярно-биологических исследований. К преимуществам дрожжей относятся дешевизна, простота и безопасность манипуляций с ними, высокая скорость роста, простота редактирования генома дрожжей за счёт существования системы гомологичной рекомбинации, возможность использования плазмид для индукции экспрессии генов, а также возможность изучения в дрожжевой системе генов (белков) млекопитающих. В этой связи, дрожжи являются удобной экспериментальной моделью как для анализа общих механизмов образования, воспроизведения и клеточного контроля амилоидов, так и для исследования амилоидных свойств белков, связанных с заболеваниями человека и животных. Система фенотипической детекции приона [*PSI*⁺] в модифицированном виде может быть использована для анализа амилоидной агрегации в дрожжах белков млекопитающих.

Поступления в коллекцию лаборатории осуществлялись из Петергофской генетической коллекции дрожжей, коллекции лаборатории генетики животных СПбГУ, а также из коллекции лаборатории проф. Ю. О. Чернова в Технологическом институте Джорджии (Атланта, США). Часть штаммов была получена сотрудниками лаборатории.

В настоящий момент в коллекции более 250 штаммов. Основу её составляют штаммы дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*. В геном дрожжей были введены мутации, ведущие к ауксотрофности по ряду аминокислот (лейцин, лизин, триптофан, гистидин) и органических азотистых оснований (аденин, урацил), что даёт возможность фенотипической детекции приона [*PSI*⁺] и позволяет использовать плазмиды для изучения агрегационного потенциала исследуемых белков. Ряд штаммов коллекции несут детектируемые прионы [*PSI*⁺] и/или [*PIN*⁺].

Каталог коллекции доступен в электронном виде и высылается по запросу.

КОЛЛЕКЦИИ ЖИВЫХ РАСТЕНИЙ И МИКРОМИЦЕТОВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ И БИОРАЗНООБРАЗИЯ ДЕКОРАТИВНЫХ И ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ В ИСКУССТВЕННЫХ БИОЦЕНОЗАХ

Г. Е. Ларина*, Л. Г. Серая**, С. А. Голибдовская, И. Н. Калембет

Всероссийский научно–исследовательский институт фитопатологии (ВНИИФ)

*gala.larina@mail.ru, **lgseraya@gmail.com

G. E. Larina, L. G. Seraya, I. N. Kalemбет, S. A. Golimbovskaya. Collections of living plants and micromycetes to study the resistance and biodiversity of ornamental and medicinal plants in artificial biocoenoses

Выявление фитопатогенов, опасных для устойчивости и биоразнообразия полевых культур, относится к основополагающему направлению научной деятельности института фитопатологии (ВНИИФ). На этапах разработки теоретических и практических вопросов земледелия, растениеводства, фитопатологии и защиты растений важное место занимает биоресурсная коллекция растений (<http://vniif.ru/vniif/structure/collection/>). Полевая коллекция растений ВНИИФ создавалась в два этапа. Первый этап — это организация дендросада (1958–1960 гг.) в соответствии с мировыми тенденциями развития селекции той или иной культуры середины 20 века на основе предварительного анализа ассортимента и выбора исходного материала для интродукции. Второй этап — модернизация опытного отделения (2017–2021 гг.) для адаптации и содержания коллекции декоративных и лекарственных культур с учетом актуального ассортимента растений для современного озеленения городских территорий и создания ландшафтных объектов. Выбор перспективных видов определялся не только климатическими условиями планируемого местоположения посадки, но и типологией объектов ландшафтного дизайна — общественное использование (городские сады, скверы, набережные, сады районов и жилых групп, бульвары, пешеходные дороги) и места озеленения режимных заведений (высшие учебные заведения, школы и детские сады, лечебные учреждения, промышленные предприятия и гостиничные комплексы), а также возможными рисками потери декоративности и схемами защиты зеленых насаждений от фитопатогенов.

Объектом настоящего исследования являются 116 видов из дендросада и коллекционный фонд отдела декоративных и садовых культур ВНИИФ из 100 видов следующих родов *Aconitum*, *Allium*, *Alopecurus*, *Andropogon*, *Anemone*, *Arrhenatherum*, *Aruncus*, *Astilbe*, *Bergenia*, *Briza*, *Calamagrostis*, *Carex*, *Chamaenerion*, *Cimicifuga*, *Convallaria*, *Deschampsia*, *Dicentra*, *Echinacea*, *Equisetum*, *Festuca*, *Filipendula*, *Geranium*, *Glyceria*, *Hakonechloa*, *Helictotrichon*, *Helleborus*, *Hierochloe*, *Holcus*, *Hosta*, *Hylotelephium*, *Inula*, *Iris*, *Juniperus*, *Koeleria*, *Leymus*, *Luzula*, *Melica*, *Melissa*, *Mentha*, *Miscanthus*, *Molinia*, *Nepeta*, *Origanum*, *Panicum*, *Phalaroides*, *Phragmites*, *Pinus*, *Plantago*, *Poa*, *Podophyllum*, *Polemonium*, *Polygonatum*, *Primula*, *Pulmonaria*, *Sanguisorba*, *Sesleria*, *Sinopodophyllum*, *Sporobolus*, *Thalictrum*, *Valeriana*, *Verbena*, *Veronica*.

Одновременно с коллекцией живых растений создавалась государственная коллекция фитопатогенных микроорганизмов для изучения возбудителей болезней культурных растений (<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-1-142-147>). Коллекция штаммов грибов систематически пополняется и в настоящее время у более чем 60 наименований из родов *Alternaria*, *Fusarium*, *Bipolaris*, *Phoma*, *Allophoma* и др. определены патогенность и токсичные свойства. Эти знания используются в поиске устойчивых видов декоративных и лекарственных растений для задач агропромышленного комплекса и озеленения, эффективных методов экологизированной защиты в разных условиях окружающей среды.

ПОТЕНЦИАЛ КОЛЛЕКЦИИ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ ПРИ ПОИСКЕ ПРОДУЦЕНТОВ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ МЕТАБОЛИТОВ

Е. И. Мальцев*, С. Ю. Мальцева, М. С. Куликовский

Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН

*maltsev.ye@yandex.ru

E. I. Maltsev, S. Yu. Maltseva, M. S. Kylikovskiy. The potential of the microalgae collection in the search for producers of biologically active metabolites

Одними из перспективных источников получения фитобиомассы, которая используется для нужд сельского хозяйства и в пищевой промышленности, стали водоросли и цианобактерии. Эта группа микроорганизмов характеризуется быстрым ростом и высокой питательностью биомассы, которая содержит большой спектр биологически активных соединений, может заменить традиционные источники кормов и ряд пищевых продуктов. Инновационным подходом, который сформировался в последнее время, является поиск ценных штаммов водорослей на основании предсказания способности к достаточной аккумуляции биоактивных метаболитов с помощью выяснения эволюционных отношений внутри как крупных, так и небольших таксономических групп водорослей. В связи с этим создание коллекций микроводорослей с одновременным определением филогенетического положения каждого штамма приобрело большой потенциал в контексте поиска перспективных объектов для использования в биотехнологии.

Комплексный скрининг разных групп водорослей и цианобактерий проводится в Коллекции культур водорослей и цианобактерий лаборатории Молекулярной систематики водных растений Института физиологии растений им. К.А. Тимирязева для выявления новых, коммерчески перспективных продуцентов липидов и других ценных биопродуктов, которые могут быть использованы в качестве сырья при производстве кормов и подкормок для агро- и аквахозяйств. Целью скрининга является описание физиологических и биохимических характеристик биомассы диатомовых, зелёных, жёлто-зелёных, эустигматофитовых микроводорослей и цианобактерий. Для каждого штамма создается эколого-биохимический паспорт, который включает информацию о количестве липидов, составе жирных кислот (соотношении насыщенных, мононенасыщенных, полиненасыщенных, а также омега-3 и омега-6 жирных кислот), содержании пигментов (хлорофиллов *a*, *b*, *c*, суммарных каротиноидов), протеина, витаминов (ретинола, α -токоферола), активности ферментов (каталазы, сукцинатдегидрогеназы, супероксиддисмутазы, глутатионпероксидазы), содержании ТБК-активных продуктов и степени антиоксидантной активности биомассы микроводорослей. Результаты скрининга уже позволили рекомендовать биотехнологически перспективные штаммы зелёных водорослей из родов *Bracteacoccus*, *Coccomyxa*, *Coelastrella*, *Nephrochlamys* и *Pseudomuriella*.

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда (проект № 20-74-10076).

КОЛЛЕКЦИЯ *IN VITRO* ЛИСТВЕННЫХ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ КАК ГЕНЕТИЧЕСКИЙ РЕСУРС ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

О. С. Машкина^{1,2*}, Т. М. Табацкая¹, Е. А. Шабанова¹, О. М. Корчагин¹

¹Всероссийский НИИ лесной генетики, селекции и биотехнологии

²Воронежский государственный университет

*mashkinaos@mail.ru

O. S. Mashkina, T. M. Tabatskaya, E. A. Shabanova, O. M. Korchagin. *In vitro* collection of deciduous woody plants as a genetic resource for fundamental and applied research

Коллекция *in vitro* клонов лиственных древесных растений (берёза, тополь, осина, ива) [<http://ckp-rf.ru/usu/569228/>] — одна из самых долгосрочных в России (начала формироваться с 1991 года). В составе коллекции более 70 генотипов, которые представлены ценными гибридами, полиплоидами, сортами, видами и разновидностями, хранящимися в виде микрорастений от одного года до 30 лет. Более 60% образцов уникальны и являются результатом биоисследовательской деятельности учёных ВНИИЛГИСБиотех.

Для выполнения своей основной функции (консервация *ex situ* и воспроизводство ценных генотипов) формирование и поддержание коллекций должно базироваться на протоколах, гарантирующих сохранение регенерационной способности образцов, генетической и хозяйственной ценности материнских деревьев. Нами предложен подход, снижающий вероятность появления соматоклональной изменчивости: применение безгормональных питательных сред при многолетнем хранении *in vitro*. Показано, что использование коллекции *in vitro* способствует повышению эффективности выращивания качественного посадочного материала для создания лесных культур целевого назначения, снижению сроков его получения и себестоимости по сравнению с полным циклом выращивания (от взятия побегов с дерева до высадки регенерантов в теплицу). Полевые испытания (теплица, питомник) клонов разной длительности хранения *in vitro* (год, пять лет, шесть лет, 17 лет и 25 лет) показали их хороший рост, нормальное развитие, внутриклоновую однородность и идентичность материнским деревьям (на фенотипическом, хромосомном и молекулярно-генетическом уровнях).

Коллекция *in vitro* — это не только стратегический резерв ценного лесного генофонда, но и генетический ресурс для проведения методических, прикладных и фундаментальных исследований в области лесной генетики, селекции и биотехнологии. Нами разработана система селекции толерантных к засолению линий берёзы, основанная на генетической изменчивости (в частности, по плоидности) коллекционных клонов, реализуемой в процессе длительного культивирования *in vitro*, а также на клеточной гетерогенности индуцированных каллусных культур. С её использованием отобраны наиболее устойчивые к засолению хлоридом натрия регенерантные линии. Имеющиеся в коллекции оригинальные соматоклональные варианты берёзы являются удобными моделями для изучения генетики морфогенеза, механизмов соматоклональной изменчивости. Так, разработана модельная система, позволившая выявить значительный вклад эпигеномных механизмов в морфогенез рассеченного листа берёзы под влиянием условий культивирования (гормонов, эпимутагенов).

Отмечается, что в России до сих пор не сформирована единая стратегия создания, регистрации, хранения и использования коллекций *in vitro* лесных древесных растений, что затрудняет тесное взаимодействие между институтами, имеющими подобные коллекции. Решение этих вопросов могло бы способствовать повышению доступности и востребованности коллекций, расширению их функций за счёт объединения усилий исследователей различных направлений, внедрению полученных результатов.

КОЛЛЕКЦИЯ ГРИБОВ И ГРИБОПОДОБНЫХ ОРГАНИЗМОВ ОЗЕРА БАЙКАЛ — РЕСУРС ДЛЯ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ И БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Е. В. Минчева^{1*}, М. С. Полякова², Т. А. Пудовкина¹, А. Б. Купчинский³, Д. Ю. Щербаков¹

¹Лимнологический институт СО РАН

²Сибирский институт физиологии и биохимии растений

³Байкальский музей СО РАН

*elenakuznetsova01@gmail.com

E. V. Mincheva, M. S. Polyakova, T. A. Pudovkina, A. B. Kupchinskiy, D. Yu. Sherbakov. Culture collection of fungi and fungi-like organisms of the lake Baikal as resource for genetic and biotechnological research

Развитие современных молекулярно-генетических методов исследования сообществ, в частности, таких, как ампликонная метагеномика, показало высокое разнообразие одной из наименее исследованных в водных экосистемах групп — низших грибов и грибоподобных организмов. Грибы участвуют в деградации практически всех органических субстратов, которые плохо разлагаются бактериями, в деструкции органики аллохтонного происхождения. Также грибы способны усваивать и трансформировать ксенобиотики, в том числе многочисленные токсичные соединения, недоступные для окисления другим видам организмов. Кроме того, грибы могут принимать участие в регуляции численности гидробионтов (среди них известны паразиты растений и животных). Таким образом, грибы, несомненно, играют важную роль в поддержании стабильности экосистемы Байкала. Однако их функциональная роль и таксономическое разнообразие на сегодняшний день до конца не изучены. С помощью классических методов культивирования создана уникальная коллекция живых культур байкальских грибов и грибоподобных организмов. В настоящее время в коллекции хранится более 200 образцов из четырёх отделов (Ascomycota, Basidiomycota, Mucoromycota, Oomycota) и некоторое количество неидентифицированных грибов. Целью создания и поддержания Коллекции чистых культур является сохранение биоразнообразия грибов и грибоподобных организмов озера Байкал, уточнение таксономического статуса и исследование их функциональной роли в экосистеме озера. Результаты выделения чистых культур и их идентификация с помощью классических морфологических и молекулярно-генетических методов позволили выявить целый ряд интересных видов. Так, например, показано, что на разных родах водорослей (в том числе и эндемичных байкальских зелёных водорослях рода *Draparnaldioides*) паразитируют разные виды оомицетов рода *Pythium*. Таким образом, можно предположить, что питиевые грибы могут проявлять специфичность к хозяину. В Коллекции в настоящее время содержится пять видов этого рода. Детектировано высокое видовое разнообразие видов рода *Trichoderma* (десять видов). Из грунта озера Байкал с глубины 408 м был изолирован и введен в чистую культуру штамм *Cosmospora* sp. По результатам проведенных нами молекулярно-генетических исследований можно предположить, что байкальская *Cosmospora* может оказаться новым видом. Из осадков озера Байкал изолированы виды, ранее считавшиеся эндемиками Антарктики. Неидентифицированные грибы, которые находятся в Коллекции, также вполне могут оказаться новыми для науки видами. В последнем случае важность нахождения таких штаммов в Коллекции живых культур сложно переоценить в плане их полезности для полного морфологического описания, поведения на разных средах и уточнения филогенетических связей. Кроме того, известно, что грибы обладают широким набором ферментов и являются продуцентами ценных вторичных метаболитов, поэтому культуры могут успешно применяться для прикладных биотехнологических исследований.

АНАЛИЗ РЕПИТОМОВ У ДВУХ ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫХ ВИДОВ РОДА *SALVIA* (*S. OFFICINALIS* L. И *S. SCLAREA* L.)

О. В. Муравенко*, О. Ю. Юркевич, Ю. В. Кальнюк, Т. Е. Саматадзе,
С. А. Зошук, А. В. Амосова

Институт молекулярной биологии им. В.А. Энгельгардта РАН
*olgmur1@yandex.ru

O. V. Muravenko*, O. Yu. Yurkevich, Yu. V. Kalnyuk, T. E. Samatadze, S. A. Zoshchuk, A. V. Amosova. Repeatome analysis in two economically valuable species of the genus *Salvia* (*S. officinalis* L. и *S. sclarea* L.)

Род *Salvia* L. является крупнейшим родом семейства *Lamiaceae*, который имеет сложную и противоречивую таксономию. Хозяйственно ценные виды *Salvia officinalis* L. ($2n=2x=14$) и *Salvia sclarea* L. ($2n=2x=22$) относятся соответственно к подроду *Salvia* Benth. секции *Eusphace* Benth. и подроду *Sclarea* секции *Aethiopsis*. Эти эфиромасличные растения имеют локальные ареалы в Евразии. Благодаря большому значению для фармацевтической, парфюмерной и пищевой промышленности оба вида широко культивируются. Для направленной селекции при выведении сортов с высоким содержанием эфирных масел необходимы комплексные исследования геномов этих видов. Однако структура и хромосомная организация геномов *S. officinalis* и *S. sclarea* всё ещё недостаточно изучены. Для уточнения таксономического статуса этих видов, а также прояснения геномных взаимоотношений рода *Salvia* в данной работе мы впервые провели сравнительный анализ репитомов *S. officinalis* и *S. sclarea* с использованием программы RepeatExplorer/TAREAN. В результате исследования репитомов этих видов обнаружены значительные межвидовые различия по количеству мобильных элементов I и II классов, а также были выявлены другие межвидовые различия, включая общее количество рибосомной ДНК и сателлитной ДНК (сатДНК). В репитомах этих видов были идентифицированы четыре (*S. sclarea*) и семь (*S. officinalis*) высокодостоверных сатДНК, а также одна (*S. sclarea*) и две (*S. officinalis*) сатДНК с низкой достоверностью. По данным BLAST, последовательности некоторых tandemных повторов ДНК демонстрировали сходство у изучаемых видов. FISH-картирование 35S рДНК, 5S рДНК и каждой из высокодостоверных сатДНК показало преимущественно кластерную локализацию на хромосомах в их кариотипах. Наши результаты подтвердили отдалённое родство между *S. officinalis* и *S. sclarea*, что, вероятно, связано с наличием общего предкового вида.

Работа поддержана грантом РФФИ проект № 22-26-00222.

ЭНДЕМИКИ ФЛОРЫ ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА В ГЕРБАРНЫХ КОЛЛЕКЦИЯХ

Р. А. Муртазалиев

Прикаспийский институт биологических ресурсов ДФИЦ РАН
murtazaliev.ra@yandex.ru

R. A. Murtazaliev. Endemic flora of the Eastern Caucasus in herbarium collections

Восточный Кавказ — это территория Большого Кавказа, простирающаяся от горы Казбек на восток до Апшеронского полуострова на 480 км. Он отличается богатством и разнообразием растительного покрова, что связано с историей формирования и особенностями физико-географических условий. Это определило его значимость как одного из крупных центров видообразования на Кавказе. Только для северного макросклона Восточного Кавказа отмечается более 900 эндемичных видов растений Кавказа, что составляет более 70% от всех эндемиков российской части Кавказа (Литвинская, Муртазалиев, 2009).

Работа посвящена выявлению эндемиков флоры Восточного Кавказа и изучению особенностей их распространения. В процессе выполнения данной работы было просмотрено около 6000 гербарных листов, хранящихся в различных гербариях (BAK, DAG, ERE, KW, LE, LENUD, MHA, MOSP, MW, RW, SPI, TBI, TGM, WIR). Проведённые исследования выявили, что для флоры Восточного Кавказа эндемичными являются 211 видов, относящиеся к 37 семействам (Муртазалиев, 2012). Ниже приводится краткая информация о гербарных образцах этих видов.

Наибольшее количество гербарных образцов хранятся в Ботаническом институте им. В. Л. Комарова РАН (LE) — 1861 лист, далее в гербарии Горного ботанического сада ДФИЦ РАН (DAG) — 1255, в TBI — 705, LENUD — 494, BAK — 420, MW — 315, MHA — 256. Среди эндемиков флоры ВК больше всего собран *Psephellus daghestanicus* — 192 листа, далее *Campanula argunensis* — 158, *Kemulariella rosea* — 145, *Anthemis fruticulosa* — 137, *Tanacetum leptophyllum* — 125 и *Scabiosa gumbetica* — 123 листа. Только по типовым образцам известны 12 видов (*Fumaria daghestanica*, *Gagea daghestanica*, *Hyalopoa czirachica* и др.), а 14 видов помимо типового материала представлены только одним или двумя листами — *Asplenium daghestanicum*, *Barbarea grandiflora*, *Paedorotella daghestanica* и другие.

Основными коллекторами эндемичной флоры Восточного Кавказа являются следующие: Муртазалиев Р. А. — 641 лист, Алексеенко Ф. Н. — 465, Цвелев Н. Н. (в основном совместно с Черепановым С. К., Бобровым А. Е., Непли Г.) — 146, Чиликина Л. Н. — 141, Меницкий Ю. Л. (большая часть совместно с Поповой Т. Н.) — 130, Сахокия М. Ф. — 125, Карягин И. И. — 123, Гроссгейм А. А. — 106 и Порецкий А. С. — 103 листа.

Больше всего гербарных листов собрано со следующих пунктов: Гуниб (281 лист), Куруш (143), Цудахар (112), Хунзах (99), Ботлих (97), Гимры (89), Ахты (87), Алты-агач (54), Конахкенд (48) и Казбек (47 листов).

В описании новых видов среди эндемиков флоры Восточного Кавказа большую роль сыграли Рупрехт Ф. И. — им описано 20 видов, далее Гроссгейм А. А. (16 видов), Буассье Е. (13), Гусейнов Ш. А. (12), Стевен Х. Х. (девять), Траутфеттер Р. Э. (восемь) и Биберштейн Ф. А. (семь видов). По шесть видов описано Цвелевым Н. Н., Сосновским Д. И., Бушем Н. А. и по пять Вороновым Ю. Н., Мейером К. А., Шишкиным Б. К., Харадзе А. Л., Юзепчуком С. В. и Алексеенко Ф. Н.

МОЛЕКУЛЯРНО-ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВИДОВ РОДА ТРОСТНИК (*PHRAGMITES*): НОВЫЕ ДАННЫЕ

Н. Н. Носов^{1*}, А. А. Гнутиков^{1,2}, А. В. Родионов¹

¹Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН

²Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (ВИР)

*nnosov2004@mail.ru

N. N. Nosov, A. A. Gnutikov, A. V. Rodionov. Molecular phylogenetic analysis of the genus *Phragmites*: new data

Гербарные коллекции в настоящее время служат хорошим источником материала для современных молекулярно-филогенетических исследований с целью детального прояснения картины родства видов растений, гибридизации и видообразования. Объектом нашего изучения является тростник (*Phragmites* Adans.). Виды этого рода распространены почти космополитно. Разные авторы насчитывают внутри рода от четырёх–пяти (Lambertini et al., 2012) до 11–12 видов (Цвелёв, 2011), с разнообразными хромосомными числами от $2n=24$ до $2n=144$. Как и у других родов злаков, уровень пloidности является одним из важных диагностических признаков для определения видов при хорошем морфологическом единстве рода. На территории нашей страны представлено семь видов тростников (Цвелёв, 2011). Наиболее распространённым является *Phragmites nigricans* (Mérat) E. S. Marshall et Shoolbred, принадлежащий к группе родства *P. australis* (Cav.) Steud. s.l. Также активно расселяется *P. altissimus* (Benth.) Mabilie. Ранее он приводился лишь для южных регионов (Лавренко, Комаров, 1934), а теперь распространён вплоть до Якутии (Николин, 2016).

В настоящей работе мы проанализировали последовательности участка ITS1–5.8S рДНК–ITS2 у образцов тростника из России, Эстонии, Таджикистана. Также нами были взяты в анализ образцы *P. mauritanicus* Kunth и *P. communis* var. *isiacus* (Delile) Coss. & Durieu. Секвенирование маркерных последовательностей по Сэнгеру проводилось на генетическом анализаторе ABI3500 в Центре коллективного пользования БИН РАН.

Результаты анализа сиквенсов методом Байеса показывают, что изученные образцы видов тростника разделяются на три хорошо поддержанные группы: *P. altissimus*, часть образцов *P. japonicus* и *P. nigricans*. Наши данные поддерживают ранее выдвинутую гипотезу о древнем гибридном происхождении *P. tzvelevii* Val. N. Tikhom., морфологически промежуточного между *P. nigricans* и *P. altissimus*. Часть образцов этого прибалтийского вида по ITS относятся к кладе *P. altissimus*, а часть к *P. nigricans*. Также в группу с *P. altissimus* попадают ITS–сиквенсы алтайского образца *Phragmites* sp., напоминающего *P. nigricans*, но отличающегося мягкими листьями. Возможно, этот образец является современным гибридом с участием *P. altissimus*.

Изученные нами алтайские образцы, несколько напоминающие *P. japonicus*, тем не менее группируются с *P. nigricans*. В эту же большую кладу попадает и образец степной расы *P. australis* s.l. Галофильный тростник с побережья Белого моря тоже имеет ITS–последовательности, как у *P. nigricans*. А вот южные тростники, *P. mauritanicus* и *P. communis* var. *isiacus*, занимают отдельное положение в кладе, их первичная последовательность несет аутапоморфные замены. Вероятно, южные тростники представляют собой отдельную группу внутри родства *P. nigricans*.

Возможно, предковая линия *P. altissimus* отделилась достаточно рано от общего эволюционного «ствола» *Phragmites*. Таким образом, мы видим, что ITS–сиквенсы хорошо разделяют виды *Phragmites* по крайней мере на крупные группы родства.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России по Соглашению 075-15-2021-1056.

ГЕНОТИПИРОВАНИЕ ГЕРБАРНЫХ КОЛЛЕКЦИЙ КАК ИСТОЧНИК ИЗУЧЕНИЯ ТАКСОНОМИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ТРИБЫ *HEDYSAREAE* (FABACEAE)

Н. С. Нуждина*, Н. К. Ковтонюк

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН

*nszvyagina@mail.ru

N. S. Nuzhdina, N. K. Kovtonyuk. Genotyping of herbarium collections for studying taxonomic diversity of the tribe *Hedysareae* (Fabaceae)

Гербарные коллекции сосудистых растений Центрального сибирского ботанического сада СО РАН (NS, NSK) насчитывают порядка 700 тыс. листов, собранных с территории России, ближнего и дальнего зарубежья. Более 73 тыс. гербарных листов коллекций переведены в цифровой формат и размещены в Цифровом гербарии ЦСБС СО РАН (<http://herb.csbg.nsc.ru:8081>).

Триба *Hedysareae* входит в состав семейства Fabaceae Lindl., третьего в мире по величине среди цветковых растений, для которого известно 737 родов и описано свыше 20 тыс. видов (ILDIS: World Database of Legumes). Согласно таксономической базе WCVP, в составе гербарных коллекций ЦСБС триба *Hedysareae* представлена шестью родами: *Alhagi* Tourn. ex Gagnebin (два вида, три подвида; 12 ваучерных образцов), *Calophaca* Fisch. (два вида; четыре образца), *Corethroedendron* Fisch. & Basiner (два вида; три образца), *Eversmannia* Bunge (единственный вид рода — *E. subspinosa* (Fisch. ex DC.) B. Fedtsch.; один образец), *Hedysarum* L. (51 вид, пять подвигов; 152 образца), *Onobrychis* Mill. (26 видов, четыре подвида; 36 образцов).

В 2022 г. значительная доля гербарных экземпляров трибы *Hedysareae* оцифрована по международным стандартам и находится в Цифровом гербарии ЦСБС СО РАН. Коллекция рода *Hedysarum*, состоящая из 2005 образцов, оцифрована полностью; датасет опубликован на портале GBIF.org.

Важным шагом при паспортизации гербарных коллекций является их генотипирование, или ДНК–штрихкодирование. Доказано, что маркирование ядерных и хлоропластных геномов обладает высокой информативностью для целей филогенетического анализа сложной, полифилетической группы *Hedysareae* и в целях определения таксономического статуса спорных и криптических видов.

При генотипировании коллекции ЦСБС были использованы ядерные регионы ITS и ETS и четыре локуса хлоропластной ДНК: некодирующие регионы *trnL–trnF*, *psbA–trnH* и *rpl32–trnL* и ген *rbcL*. В общей сложности было изучено 208 гербарных растений; генотипирование было проведено для 195 образцов; для 13 образцов не удалось выделить ДНК, пригодную к секвенированию. В ходе исследований было получено 677 нуклеотидных последовательностей, 94 из них депонировано в базу данных.ncbi. Наибольшая результативность была достигнута при амплификации локусов *psbA–trnH* (получено 142 сиквенса, эффективность ПЦР – 98%) и *trnL–trnF* (165 сиквенсов, 86%) хлДНК и локуса ETS ярдНК (144 сиквенса, 88%). Длина и нуклеотидный состав амплифицированных фрагментов варьируют в значительной степени как на межвидовом, так и на внутривидовом уровнях. Так, например, для циркумбореального вида *Hedysarum alpinum* L. известны гаплотипы с длиной *trnL–trnF*-фрагмента от 323 до 677 п.н.о.

Для *Alhagi maurorum* Medik. (ваучерный образец NS0041740, дата сбора 1842 г.) удалось определить нуклеотидную последовательность по локусу *psbA–trnH*; длина фрагмента составила 437 п.н.о. Таким образом, максимальный возраст гербария, из которого удалось выделить ДНК и выполнить секвенирование, составляет 180 лет.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках Соглашения № 075-15-2021-1056 от «28» сентября 2021 г. между БИН РАН и Министерством науки и высшего образования Российской Федерации.

ИЗУЧЕНИЕ ДНК-СОДЕРЖАЩИХ СТРУКТУР (ЯДЕР И ХЛОРОПЛАСТОВ) В ПАЛЕООБРАЗЦАХ КОЛЛЕКЦИИ БИН РАН

И. А. Озеров*, Н. А. Жинкина, А. А. Торшилова, Э. М. Мачс,
Ю. А. Мякошина, А. В. Родионов

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН

*iozerov@binran.ru

I. A. Ozerov, N. A. Zhinkina, A. A. Torshilova, E. M. Machs, Y. A. Myakoshina, A. V. Rodionov. Preservation of DNA-containing structures (nuclei and chloroplasts) in the BIN RAS plant fossils collection

Есть что-то особенное в процессах фоссилизации растений, что способствует длительной сохранности морфологии клеточных ядер и хлоропластов, а также некоторых биополимеров в палеообразцах растений (Logan et al., 1993; Schoenhut et al., 2004; Yang et al., 2005; Buckley, 2018; Ozerov et al., 2006, 2020, 2021). Возможно, стенки растительных клеток и антиоксидантная и антибактериальная активность внутриклеточных конденсированных таннинов, токоферолов и флавоноидов обеспечивают долговременную защиту от деградации белков и нуклеиновых кислот. Это позволило по крайней мере двум независимым исследовательским группам секвенировать гены из генома хлоропластов из палеообразцов *Magnolia*, *Persea* и *Taxodium*, возраст которых оценивается в 17–20 млн лет (Golenberg et al., 1990; Soltis et al., 1992; Kim et al., 2004). Подлинность ископаемой ДНК, секвенированной Голенбергом, Солтисом и их коллегами, косвенно подтверждается тем фактом, что Киркпатрик и др. (Kirkpatrick et al., 2016) недавно секвенировали рДНК хлоропластного генома ископаемых диатомей *Chaetoceros* и *Thalassiosira*, возраст которых около 1,4 млн лет. Было показано, что разрушение эндогенной ДНК в палеообразцах с увеличением возраста отложений увеличивается нелинейно (Kirkpatrick et al., 2016). Предполагается, что в некоторых случаях эндогенная ДНК становится более неподатливой с увеличением возраста фитолеймы (Soltis, Soltis, 1993; Kirkpatrick et al., 2016). В нашем докладе мы представим доказательства сохранения хлоропластов и Фельген-позитивных структур в интерфазных ядрах в палеообразцах из коллекций БИН РАН. В частности, нами исследована сохранность ядер и хлоропластов в палеообразцах Миртовых из Якутии (возраст 50–55 млн лет), *Metasequoia occidentalis* и *Taxodium dubium* из Западной Сибири (29–33 млн лет), а также в остатках двудольных растений из желудочно-кишечного тракта мамонта, обнаруженного в 1971 г. на реке Шандринка (низовья реки Индигирка). Есть все основания надеяться, что некоторые последовательности хлоропластного или ядерного геномов из ДНК-содержащих структур палеообразцов Западной Сибири и Якутии могут быть секвенированы.

Отдельные разделы этой работы выполнены в ходе работ по госзаданиям БИН РАН по ААА–А19–119021190031–8 (ИО), АААА–А18–118051590112–8 (НЖ) и No. ААААА18–118040290161–3 (ЭМ) и гранта СПбГУ PURE ID 60256916 (АР).

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ВО ВСЕРОССИЙСКОЙ КОЛЛЕКЦИИ МИКРООРГАНИЗМОВ (ВКМ)

С. М. Озерская*, Н. Е. Иванушкина, А. Н. Василенко, Г. А. Кочкина

Всероссийская коллекция микроорганизмов, Институт биохимии и физиологии
микроорганизмов им. Г.К. Скрыбина РАН – обособленное подразделение ФИЦ «Пушкинский
научный центр биологических исследований Российской академии наук»

*smovkm@gmail.com

S. M. Ozerskaya, N. E. Ivanushkina, A. N. Vasilenko, G. A. Kochkina. Information system in the all–Russian collection of microorganisms

Известно, что коллекции микроорганизмов в настоящее время проходят становление в качестве Биологических ресурсных центров (БРЦ). По определению Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) БРЦ представляют собой важнейший элемент инфраструктуры, обеспечивающий развитие биотехнологии. БРЦ — организации, предоставляющие услуги по хранению живых клеток, геномов и биоинформации, имеющей отношение к наследственности и функционированию биологических систем. В состав БРЦ входят коллекции культивируемых организмов, их воспроизводимых частей (геномов, плазмид, вирусов, образцов ДНК), жизнеспособных, но пока не культивируемых организмов, клеток и тканей, а также базы данных о поддерживаемых ресурсах. БРЦ сохраняют коллекции биологического материала и связанной с ним информации с целью облегчить доступ к сохраняемым *ex situ* биологическим ресурсам и гарантировать, что они останутся доступными для использования в процессе устойчивого развития.

В течение ряда лет в ВКМ проводится систематическая работа по разработке различных баз данных, преобразованных в настоящее время в информационную систему о поддерживаемых фондах. На основе этой системы разработан web–сайт ВКМ (www.vkm.ru), который доступен пользователям в системе онлайн на английском и русском языках. Структура подачи информации основана на известных международных стандартах, принятых в ведущих коллекциях мира, поддерживаемых международными коллекционными организациями, такими как WFCC–WDCM, ECCO, а также различными международными исследовательскими проектами.

Каталог коллекции на сайте ВКМ представлен в различных форматах, с использованием машинного поиска по названиям штаммов и их номерам. На отдельных страницах сайта можно получить данные по составу и способам приготовления питательных сред для культивирования, а также по ссылкам на публикации, связанные с конкретными штаммами ВКМ. Выход на эти страницы возможен непосредственно из текста каталога. В настоящее время разрабатывается сводный каталог нескольких российских коллекций, доступ к культурам которых будет осуществлен непосредственно через информационные системы организаций–участников.

В докладе будут подробно освещены различные вопросы информационного обеспечения коллекционного дела. Сотрудники ВКМ всегда готовы оказать консультативную помощь в работе над базами данных и интерактивными каталогами различных коллекций.

КОЛЛЕКЦИЯ ЦИАНОФИТ И МИКРОВОДОРОСЛЕЙ (SYKOA) КАК ОСНОВА ИЗУЧЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ РЕСУРСОВ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА

Е. Н. Патова*, И. В. Новаковская**, И. Н. Стерлягова

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

*patova@ib.komisc.ru, **novakovskaya@ib.komisc.ru

E. N. Patova, I. V. Novakovskaya, I. N. Sterlyagova. Cyanophytes and microalgae collection (SYKOA) as a basis for studying the Northeast European alternative resources

Водоросли — многочисленная группа преимущественно фотоавтотрофных организмов, играющих важную роль в наземных и водных экосистемах. Они являются ценнейшим возобновляемым сырьевым ресурсом для производства биологически активных веществ, органических удобрений и биостимуляторов, энергоносителей и др. Большое значение для сохранения биоразнообразия водорослей и изучения их особенностей играют альгологические коллекции. В Институте биологии Коми НЦ УрО РАН в 2010 году создана коллекция живых штаммов микроводорослей (SYKOA). Её основная задача — поддержание и пополнение фонда штаммами цианофит и эукариотных водорослей, выделенных из арктических регионов России с целью дальнейшего их применения при проведении флористических, систематических, эволюционных, молекулярно-генетических исследований, а также использования их в качестве биотехнологических объектов. На сайте Института биологии создан электронный каталог коллекции (<http://ib.komisc.ru/sykoa>). SYKOA зарегистрирована во Всемирном каталоге коллекций культур микроорганизмов GCM под номером 1125 (<http://gcm.wfcc.info/>). В коллекции в основном представлены штаммы, выделенные из почвенных и водных проб, собранных на Полярном, Приполярном и Северном Урале. Коллекционный фонд представлен 323 штаммами из шести отделов: Cyanobacteria — 47, Chlorophyta — 158, Charophyta — 57, Ochrophyta — 35, Cryptophyta — 25, Euglenozoa — один. Также поддерживается 139 аутентичных штамма, преимущественно зелёные и охрофитовые водоросли, из коллекции культур Киевского национального университета им. Тараса Шевченко (АСКУ). Штаммы хранятся в стеклянных пробирках и чашках Петри на агаризованной и жидкой питательных средах 3 N BBM, Bg, Waris, WC. Каждый штамм представлен в двух повторностях (1 — возраст до 3–12 месяцев, 2 — до 1,5–2 года). Культуры поддерживаются в холодильной установке при температуре +10–14°C и освещенности ФАР 10 мкмоль м⁻²с⁻¹ (Uniel ULI-P11-35W/SPFR IP40 WHITE, China) с соблюдением соотношения периодов день/ночь — 12/12 часов. Пересевы культур осуществляются один раз в 6–12 месяцев. Идентификация видов проводится на основе морфологических параметров. Для ряда штаммов выполнен молекулярно-генетический анализ на основе изучения генов 16S рРНК, 18S рРНК и ITS1–5.8S–ITS2 региона. Штаммы из коллекции активно исследуются с привлечением широкого круга специалистов из Институтов биологии и физиологии Коми НЦ УрО РАН, СИФИБР СО РАН, БИН РАН, ИФР РАН, ПАБСИ КНЦ РАН, МГУ и др.

При поддержке гранта РФФ № 22-24-00673.

КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ ГЕРБАРИЯ ПЕЧЁНОЧНИКОВ И АНТОЦЕРОТОВЫХ БОТАНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ИМ. В.Л. КОМАРОВА РАН

А. Д. Потемкин

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН
potemkin_alexey@binran.ru

A. D. Potemkin. The concept of the development of the liverwort and hornwort herbarium of Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences

Гербарий печёночников и антоцеротовых БИН РАН (далее – гербарий) представляет собой отдельную часть гербария мохообразных. Гербарий сформировался в результате объединения в 1990–е годы трёх коллекций печёночников и антоцеротовых, хранившихся отдельно в помещениях лаборатории лишенологии и бриологии БИН РАН: коллекций К. И. Ладыженской (1) и И. И. Абрамова и А. Л. Абрамовой (2), включавших наряду со сборами отечественных бриологов многочисленные образцы из разных регионов мира, полученные по обмену, и коллекции О. М. Афониной (3), созданной для гербаризации обширных сборов с Чукотки и образцов, полученных в 1970–1980-е годы по обмену. Общий объём коллекций — около 50 тыс. образцов. При объединении гербария использовано расположение по системе R. Grolle “Nomina generica Hepaticarum: references, types, and synonymies” — Acta Botanica Fennica 121: 1–62 (1983), представляющей универсальный таксономический и номенклатурный компендиум того времени, но устаревший вследствие бурного развития молекулярной систематики печёночников в настоящее время. Образцы в гербарии приклеены на листы или, в случаях многочисленных сборов отдельных видов, сложены в папки. Отдельно хранятся типовые образцы печёночников и антоцеротовых.

В связи с включением института в работу по проекту «Гербарные фонды биологического разнообразия растений и грибов Коллекционного фонда Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН: модернизация, развитие и сетевое взаимодействие как основа фундаментальных исследований и совершенствования генетических технологий» начата нумерация коллекций гербария с присвоением штрих-кодов. В связи с этим пересмотрена концепция развития гербария. Она включает следующие направления: 1) расположение родов в алфавитном порядке в пределах крупных таксономических выделов; 2) присвоение образцам уникальных гербарных номеров со штрих-кодами, посредством их наклеивания на находящиеся в гербарии и поступающие образцы или распечатки вместе с этикеткой для новых сборов; 3) перемещение образцов в гербарные папки без наклеивания на листы; 4) ведение каталога коллекций, с указанием принятых и имеющихся в гербарии названий таксонов; 5) введение информации о поступающих образцах в базу данных, интегрированную в базу данных гербария БИН РАН (LE); 6) на основе этой базы данных создание виртуального гербария печеночников и антоцеротовых с фотографиями этикеток образцов и микрофотографиями деталей строения отдельных образцов.

**БАЗЫ ДАННЫХ ГРИБОВ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ
(ИНСТИТУТ ЛЕСА КАРНЦ РАН)**

О. О. Предтеченская*, А. В. Руоколайнен, А. В. Кикеева*****

Институт леса Карельского научного центра РАН

*opredt@krc.karelia.ru, **annaruo@krc.karelia.ru, ***avkikeeva@mail.ru

**O. O. Predtechenskaya, A. V. Ruokolainen, A. V. Kikeeva. Databases on fungi of
the Republic of Karelia (Forest Research Institute of KarRC RAS)**

Систематизация информации о видовом составе и распространении различных групп живых организмов (животных, насекомых, грибов, лишайников, сосудистых растений и т.д.) важна для оценки биологического разнообразия и состояния экосистем, их реакции на техногенное и антропогенное воздействие. Одним из инструментов хранения и обработки такой информации являются базы данных.

Первая электронная коллекция биологических объектов Республики Карелия была создана в 2002–2004 гг. и зарегистрирована в Информрегистре (№ 0320401467) при поддержке гранта РФФИ № 02-07-90204 «Электронная библиотека Карельского научного центра РАН». В состав вошла подготовленная А. В. Руоколайнен и В. И. Крутовым «Электронная коллекция трутовых грибов особо охраняемых природных территорий Республики Карелия» (<http://dl.krc.karelia.ru/collec.html?id=1>), включающая 150 паспортов основных видов филлофоройдных грибов с указанием мест сбора.

В 2011 г. в Роспатенте О. О. Предтеченской зарегистрирована база данных «Аскомицеты и агарикоидные базидиомицеты Карелии» (свидетельство о государственной регистрации № 2011620158). База данных была создана как на основе собственных сборов автора, так и имеющихся литературных данных, и сейчас включает сведения о 109 видах аскомицетов и 786 видах агарикоидных базидиомицетов (пор. Agaricales, Boletales, Russulales).

База данных «Афиллофоровые грибы (Basidiomycota) Восточной Фенноскандии» (свидетельство о государственной регистрации № 2016621060) была зарегистрирована А. В. Руоколайнен в 2016 г. База содержит информацию о находках на территории Республики Карелия, а также об образцах, хранящихся в гербарии КарНЦ РАН (PTZ).

В 2021 г. оформлена база данных «Грибы Национального парка «Водлозерский» (Республика Карелия, Архангельская область)» (свидетельство о государственной регистрации № 2021620709, авторы Предтеченская О. О., Руоколайнен А. В.), включающая набор связанных таблиц, содержащих сведения о 15 видах аскомицетов и 378 видах базидиомицетов за периоды многолетних наблюдений (2001–2020 гг.) на территории парка в коренных и нарушенных лесных экосистемах — участках после ветровала и пройденных пожаром разной интенсивности.

Помимо баз, отражающих сведения о видовом составе, также зарегистрирована база данных «Урожайность макромицетов в сосняках и березняках за период многолетних наблюдений (Республика Карелия)» (свидетельство о государственной регистрации № 2020622162, авторы Шубин В. И., Кикеева А. В.), включающая сведения о сборах в 1971–2011 гг. 24 видов шляпочных грибов в разных вариантах опытов с внесением минеральных удобрений.

Структура всех баз данных позволяет заносить новые данные и строить разнообразные запросы для анализа за периоды многолетних наблюдений. Основная функция — хранение информации о видовом составе, анализ динамики встречаемости макромицетов в лесных экосистемах Республики Карелия. Базы данных могут быть использованы в научно-исследовательских целях для осуществления мониторинга и анализа биоразнообразия грибов Карелии.

Исследования выполнены в рамках государственного задания КарНЦ РАН (Институт леса КарНЦ РАН).

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ГЕНОФОНДА ГРИБОВ В КОЛЛЕКЦИИ КУЛЬТУР БАЗИДИОМИЦЕТОВ БИН РАН

Н. В. Псурцева, А. А. Кияшко*

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН

*anna.kiyashko@binran.ru

N. V. Psurtseva, A. A. Kiyashko. Scientific and practical potential of fungal gene pool in the Komarov Botanical Institute Basidiomycetes Culture Collection RAS

Базидиальные макромицеты (БМ, подотдел Agaricomycotina, отдел Basidiomycota) — обширная группа грибов, включающая примерно 30788 видов и играющая существенную роль в наземных экосистемах. Значительный ресурсный потенциал этих грибов обуславливает необходимость сохранения их видового и штаммового разнообразия в коллекциях культур. Однако в большинстве крупных коллекций микроорганизмов мира основное внимание уделяется бактериям и сумчатым грибам, тогда как разнообразие БМ в них менее представлено.

Коллекция культур базидиомицетов LE–BIN была основана в конце 1950-х годов в БИН АН СССР для исследования биосинтетических особенностей дереворазрушающих грибов. До 1990-х коллекционный фонд расширялся, в основном, в рамках изучения различных аспектов биологической активности БМ. В тот период упор был сделан на увеличение штаммового разнообразия относительно небольшого числа изучаемых видов. Возрастание числа штаммов и видов, а также возникновение новых задач привело к формированию современной концепции развития Коллекции — расширению генофонда за счёт увеличения сохраняемого видового и штаммового разнообразия БМ различных экосистем, прежде всего, Российской Федерации.

По оценке на начало 2022 г., коллекционный фонд включает 3462 штамма не менее чем 760 видов из 352 родов БМ, и поддерживается тремя способами (субкультура, под стерильной водой и криоконсервация). Большинство штаммов является оригинальными, сохраняемыми только в LE–BIN. В фонде 53% видов представлены от 2 до 53 шт., что повышает значение коллекции для изучения штаммового разнообразия. Однако до видового уровня идентифицировано лишь 74,3% штаммов, а 5,5% — не определены даже до рода. Верификация штаммов является ключевым моментом и одновременно главной проблемой развития коллекции. Активное использование современных молекулярно-генетических методов диагностики позволило достигнуть значительного прогресса и будет продолжено до полной верификации фонда, как минимум, до родового уровня.

Результатом исследований генофонда LE–BIN явились многочисленные публикации о биосинтетических свойствах штаммов (библиографическая база включает 632 штамма в публикациях 1950–2021 гг.), участие в создании препарата «Бефунгин», около 15 авторских свидетельств о штаммах – продуцентах окислительных и протеолитических ферментов, фито–гемагглютининов, алкалоидов, а также два технологических регламента на производство молокосвертывающих и фибрино-тромболитических ферментов. В то же время, научно-практический потенциал штаммов БМ реализован лишь в малой степени. Большой интерес по-прежнему представляет изучение лигноцеллюлозного комплекса, люминесцентных свойств и различных синтезируемых БМ соединений: протеиназ различного действия, стеролов и жирных кислот, терпеноидов и фенольных соединений. В последние годы возрос интерес к более широкому использованию мицелия БМ не только для производства обогащенных белком пищевых и кормовых продуктов, но и для получения наночастиц золота, серебра и других металлов, которые могут применяться в медицине, быстро разлагаемой экоупаковке, натуральных заменителей кожи на мицелиальной основе и т.д.

Таким образом, специализированная Коллекция LE–BIN является национально значимым научным объектом, основным хранилищем природного генетического богатства базидиальных грибов России и служит основой для проведения фундаментальных и прикладных разработок, базой для подготовки научных кадров и обучения студентов.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПОЛИПЛОИДНЫХ ЗЛАКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ КОЛЛЕКЦИИ ЗЛАКОВ ВИРА И МАТЕРИАЛОВ ГЕРБАРИЯ LE (БИН РАН, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ)

А. В. Родионов^{1,*}, А. А. Гнутиков^{1,2}, Н. Н. Носов¹, Е. О. Пунина¹,
В. С. Шнеер¹, И. Г. Лоскутов²

¹Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН

²Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (ВИР)

*avrodionov@mail.ru

**A. V. Rodionov, A. A. Gnutikov, N. N. Nosov, E. O. Punina, V. S. Shneyer,
I. G. Loskutov. Study of the origin of polyploid grasses using the VIR genetic
collection of grasses and the LE herbarium materials (Saint-Petersburg)**

Геном общего предка всех культурных и дикорастущих злаков (сем. Poaceae), в котором было 7 хромосом ($n=7$), сформировался, пройдя в своей истории через 4 раунда полногеномных дупликаций, как правило, сопровождавшихся актами вторичной диплоидизации (Van de Peer et al., 2017). Затем имела место очередная полиплоидизация генома протозлака (результат — $n=14$), после чего в результате транслокации между двумя парами хромосом возникли две новые группы сцепления, и гаплоидное число хромосом уменьшилось до 12. В этот момент, 50–60 млн. лет назад, злаки разделились на две филогенетические ветви — кладу ВЕР (овес, рожь, пшеница) и кладу PASMAD (сорго, кукуруза) (Murat et al. 2010). Общий предок злаков из клады PASMAD, по-видимому, существовал достаточно долго, так долго, что в консервативной последовательности 5.8S рРНК у него закрепились две замены $G_{55} \rightarrow A_{55}$ и $C_{103} \rightarrow U_{103}$, которые мы видим в рРНК всех современных членов PASMAD. Архаичный ВЕР геном с 12 хромосомами сохранился у риса, а у предка ячменей, овсов и пшениц из клады ВЕР число хромосом в геноме сначала уменьшилось до семи, после чего в разных родах, как следствие межвидовых гибридизаций и полиплоидизации, и появились тетра-, гекса-, окто- ... плоиды, часто дающие новые комбинации субгеномов после новых актов отдаленной гибридизации и полиплоидии. Происхождение дикорастущих и культурных злаков может быть установлено путем исследования внутригеномного разнообразия многократно повторенных генов 35S рРНК методом локус-специфичного секвенирования ITS-последовательностей на платформе Illumina. Известно, что растения несут большое количество генов 35S рРНК в гаплоидном геноме (от 200 до 22000, обычно более 2500), расположенных в тандемных массивах на одной или нескольких хромосомах. Объекты исследования — «живая» коллекция дикорастущих злаков отдела генетических ресурсов овса, ржи и ячменя и богатейшая коллекция дикорастущих злаков гербария БИН РАН (LE). В докладе будут представлены результаты нашего исследования происхождения диплоидных и полиплоидных видов овсов, а также некоторых дикорастущих представителей *Hordeae* Martinov, *Aveninae* и *Poeae* R. Br. *Triticeae*.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России по соглашению 075–15–2021–1056 (АР, НН, ВШ, ЕП) и грант СПбГУ PURE ID 60256916 (АГ, ИЛ).

ГЕРБАРИЙ ТИМИРЯЗЕВСКОЙ АКАДЕМИИ (ТА) КАК БИОРЕСУРСНАЯ КОЛЛЕКЦИЯ

И. А. Савинов^{1,*}, С. Н. Фатин¹, А. В. Щербаков^{2,**}

¹Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

*savinovia@mail.ru, **shch_a_w@mail.ru

I. A. Savinov, S. N. Fatin, A. V. Shcherbakov. Herbarium of the Timiryazev Academy (TA) as a bioresource collection

Гербарные коллекции — один из важнейших источников достоверной информации, необходимой для самых разных разделов ботаники. Гербарий Российского государственного аграрного университета — МСХА им. К.А. Тимирязева был основан в 1890–х гг. профессором ботаники С. И. Ростовцевым. В настоящее время в нем в основном представлены сборы с территории Европейской России (особенно — Москвы и Московской области), Средней Азии и Сибири, имеются также сборы из стран СНГ и дальнего зарубежья. С осени 2021 года гербарий имеет международный индекс (акроним) – ТА (Herbarium of Timiryazev Academy).

По числу хранящихся образцов (около 40 000 в основном фонде, среди которых более 200 аутентичных и типовых образцов) он относится к числу крупных среди гербариев сельскохозяйственных и педагогических вузов России и стран СНГ. Согласно А. К. Скворцову (1977), по объёму фондов он принадлежит к «малым гербариям», которые важны в качестве региональных центров флористических исследований и документации. Имеется обменный фонд, состоящий из частично смонтированных, а частично немонтированных образцов, и требующий дальнейшей работы. Коллекционные фонды гербария находятся при кафедре ботаники, селекции и семеноводства садовых растений Института садоводства и ландшафтной архитектуры РГАУ и занимают большое помещение (около 60 м²; около 60 гербарных шкафов) на четвёртом этаже 17-го учебного корпуса (ул. Прянишникова, д. 6). Научный гербарий имеет в своём составе четыре отдела: а) сосудистые растения, б) мхи, водоросли, лишайники, в) обменный фонд (дублиеты), г) типовой (аутентики). Есть также небольшая коллекция шишек и плодов. Дополнительно, для использования в учебном процессе, имеется небольшой демонстрационный гербарий.

Самые старые сборы, хранящиеся в гербарии (2-3 образца), датированы 1750-ми и 1790-ми гг. Среди важнейших коллекторов — Н. С. Турчанинов, А. Шренк, М. Гандоже, А. Е. Регель, Д. И. Литвинов, М. И. Назаров, А. Н. Петунников, Д. П. Сырейщиков, В. Г. Хржановский и многие другие. В гербарии имеется много интересных образцов по таким таксонам, как *Astragalus*, *Carex*, *Rosa*, *Tulipa*, *Coniferae*, что представляет интерес для соответствующих монографов. Из последних поступлений интересны сборы с окрестностей озера Эльтон (Нижнее Поволжье) и южного Дагестана.

Особую ценность коллекции придают типовые образцы, которых на данный момент выявлено около 170 (голотипы, неотипы, изотипы, изолектотипы, синтипты, «*nomina provisoria*»). Обнаружено более 10000 экзикат известных флористических выпусков («*Florae Rossicae*», «*Flora caucasica exsiccata*», «*Flora Hispanica exsiccata*», «*A. Regel. Iter Turkestanicum*» и др.) и отдельных таксонов (*Carex*, *Salix* и др.). Большая часть материала разложена в шкафах по системе Далла Торре и Гармса; высшие споровые растения — в алфавитном порядке.

В настоящее время разработано Положение о Гербарии РГАУ — МСХА им. К.А. Тимирязева, рассмотренное на заседании Научно-технического совета в феврале 2022 г. и утверждённое проректором по научной работе. Оно определяет статус коллекционных фондов, правила посещения гербария и пользования его коллекциями, процедуру работы с поступающими образцами. Как биоресурсную коллекцию Гербарий можно использовать для различных экологических, флористических, геоботанических, морфолого-анатомических, молекулярно-генетических и таксономических исследований.

**ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДИПЛОИДНОЙ И
КОЛХИЦИН-ИНДУЦИРОВАННОЙ ФОРМЫ СИНЮХИ ГОЛУБОЙ
(*POLEMONIUM CAERULEUM* L.)**

**Т. Е. Саматадзе^{1*}, О. Ю. Юркевич¹, Ф. М. Хазиева², И. В. Басалаева²,
А. В. Амосова¹, О. В. Муравенко¹**

¹Институт молекулярной биологии им. В.А. Энгельгардта РАН

²Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений
*tsamatadze@gmail.com

**T. E. Samatadze, O. Yu. Yurkevich, F. M. Khazieva, I. V. Basalaeva,
A. V. Amosova, O. V. Muravenko. CYTOGENETIC FEATURES OF DIPLOID
AND COLCHICINE-INDUCED FORMS OF *POLEMONIUM CAERULEUM* L.**

В настоящее время достаточно актуальным в селекции является создание культурных популяций с высокими показателями по урожайности, содержанию биологически активных соединений, для чего часто используют искусственную полиплоидизацию. Для индуцирования полиплоидных форм растений часто используется колхицин. Целью данной работы было исследование цитогенетических особенностей кариотипов диплоидной и колхицин-индуцированной форм *Polemonium caeruleum* L. на основании анализа мейоза и флуоресцентной гибридизации *in situ*.

Выявлено, что диплоидная форма имела девять бивалентов ($n=9$), а полиплоидная форма 18 бивалентов ($n=18$) в метафазе-I (M-I). В анафазе-I (A-I) наблюдается четкая сегрегация хромосом 9:9 у диплоидной и 18:18 у полиплоидной форм. В небольшом (1,0–2,37%) числе наблюдались клетки с различными отклонениями: отставанием хромосом, мостами, фрагментами и т.д. У полиплоидной формы число бивалентов на клетку составляло 16,79%. Мейотический индекс, или процент нормальных тетрад, составил 98,4%. В то же время, общее число отклонений на стадии спорад у полиплоидной формы достигало 2,04%, что оказывало незначительное влияние на качество пыльцы, приводящей к возникновению пониженной фертильности (на 19%) пыльцевых зерен.

С помощью DAPI окрашивания и флуоресцентной гибридизации *in situ* изучена структура кариотипов и хромосомная колокализация 26S и 5S рДНК генов на хромосомах синюхи. Обнаружено, что кариотип диплоидной формы содержит 18 хромосом ($2n = 2x = 18$) хромосомы среднего размера и находятся в пределах от 3,6 до 5,0 мкм. Гены 45Sr ДНК разной интенсивности локализуются на трех спутничных хромосомах 3,4 и 7. На коротком плече 4 хромосомы и на длинном плече 8 хромосомы выявлен сайт 5Sr ДНК с сигналом высокой интенсивности. Установлено, что кариотип полиплоидной формы является автотетраплоидным ($2n = 4x = 36$) с размерами хромосом от 3,0 до 4,4 мкм. Гены 45Sr ДНК разной интенсивности локализуются на шести спутничных хромосомах: 3,4,7,12,13 и 16. На коротком плече 4 и 13 хромосомы и на длинном плече 8 и 17 хромосомы выявлен сайт 5Sr ДНК с сигналом высокой интенсивности.

Таким образом, полученные результаты на основании анализа мейоза и метода флуоресцентной гибридизации *in situ* позволили выявить и проанализировать тетраплоидные формы растений для дальнейшего их включения в селекционный процесс с целью созданию высокопродуктивных сортов синюхи голубой, адаптированных к условиям выращивания в НЗР.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22–26–00221.

ЭКСПРЕСС МЕТОД СКРИНИНГА КОЛЛЕКЦИЙ САХАРНОЙ И СТОЛОВОЙ СВЁКЛЫ ВИР (*BETA VULGARIS* L.) НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ИОНАМ АЛЮМИНИЯ

Д. В. Соколова^{1*}, А. И. Шапошников², Д. С. Сырова²,
П. С. Ульянич², А. А. Белимов²

¹Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (ВИР)

²Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии

*dianasokol@bk.ru

**D. V. Sokolova, A. I. Shaposhnikov, D. S. Syrova, P. S. Ulianich, A. A. Belimov.
A rapid screening method for the Vavilov institute's collection of sugar and table
beets (*Beta vulgaris* L.) to assess their resistance to aluminum ions**

Сахарная и столовая свёкла являются стратегически важными для РФ представителями рода *Beta* L., являясь источником сырья для производства сахара и наиболее распространённой овощной культурой. Одним из абиотических стрессов, способствующих снижению урожайности и сахаристости свёклы, является повышенная кислотность почв, фитотоксичность которых определяется высокой концентрацией подвижных ионов алюминия в почвенном растворе. Исследование посвящено разработке экспресс-оценки алюмотолерантности свёклы. Впервые в мире разработан метод оценки устойчивости культуры к ионам алюминия в условиях гидропонной культуры. Для этого проростки свёклы выращивали в питательных растворах, имеющих рН в диапазоне от 4,5 до 7,0 и обогащённых хлоридом алюминия в различных концентрациях. Подобраны оптимальные условия роста и концентрации алюминия для выявления различий между генотипами по влиянию токсиканта на длину корней. Данный метод использован для масштабного скрининга образцов коллекции данного вида по изучаемому признаку. В результате найдены контрастные по устойчивости к алюминию генотипы двух разновидностей *Beta vulgaris* L. С использованием 120 образцов сахарной и столовой свёклы различного происхождения из коллекции Всероссийского НИИ растениеводства им. Н. В. Вавилова показано, что свёкла имеет высокую вариабельность по алюмотолерантности. Установлены взаимосвязи устойчивости с некоторыми фенотипическими признаками растений. В докладе обсуждаются вопросы селекции свёклы по признаку устойчивости к алюминию и кислым почвам.

Работа поддержана Минобрнауки России (соглашение № 075–15–2020–920 от 16.11.2020, НЦМУ «Агротехнологии будущего»).

КОЛЛЕКЦИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ СТОЛОВОЙ СВЁКЛЫ (*BETA VULGARIS* L.) ВИР КАК ОСНОВА ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ СОРТОВ С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ БЕТАНИНА

Д. В. Соколова

Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (ВИР)
dianasokol@bk.ru

D. V. Sokolova. The Vavilov institute's collection of table beets (*Beta vulgaris* L.) as a basis for plant breeding varieties with a high content of betanin

Столовая свёкла (*Beta vulgaris* L.) является источником натурального пищевого красителя красного цвета — бетанина (E-162), крайне востребованного в связи с широким спектром его биологической активности. Коллекция столовой свёклы ВИР им. Н.И. Вавилова обладает большим разнообразием и является источником получения исходного материала для селекции. Биосинтез беталаиновых пигментов, к которым относится бетанин, в растениях столовой свёклы является динамическим процессом, меняющимся в ходе онтогенеза и зависящим как от конкретного генотипа, так и от абиотических и эдафических факторов. Исследование посвящено скринингу коллекции столовой свёклы ВИР и выделению перспективных генотипов, а также изучению особенностей биосинтеза пигмента в корнеплодах образцов с контрастной окраской и его реакцией на абиотические факторы среды.

Впервые проведена комплексная оценка подробных динамических изменений беталаинов в кожице и мякоти образцов столовой свёклы с контрастной окраской в течение вегетации. Проанализированы происхождение образцов, их фенотипические особенности, биохимические показатели. Приведена динамика изменений метаболитного профиля у контрастных биотипов. Установлено отсутствие существенного аккумуляционного эффекта беталаинов в корнеплодах в процессе вегетации. Показаны значительные колебания пигмента, сопряженные с конкретными абиотическими факторами. В докладе обсуждаются вопросы сходства и отличия содержания пигментов отдельно в кожице и мякоти корнеплодов, их реакция и скорость отклика на изменение факторов среды. Выявлены сильные, стабильно сохраняющиеся на протяжении вегетационного периода положительные взаимосвязи между бетацианинами и бетаксантинами в кожице и в мякоти корнеплодов столовой свёклы. Сформировано представление о морфотипе сорта с повышенным содержанием беталаинов. Результаты исследования имеют значение при выборе сорта столовой свёклы с целью выделения красителя. Даны рекомендации по выбору сортов и оптимальных сроков уборки урожая.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РНФ № 21-66-00012 «Создание с использованием генетических технологий и изучение новых линий растений, адаптированных к меняющимся условиям окружающей среды, обладающих повышенной продуктивностью и диетической ценностью».

ЦИФРОВАЯ КОЛЛЕКЦИЯ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ ГЕРБАРИЯ ИМ. ПРОФ. В. И. СМИРНОВА ИРКУТСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Н. В. Степанцова

Иркутский государственный университет
s-nadia11@yandex.ru

N. V. Stepanцова. Digital collection of vascular plants of the Herbarium named after prof. V.I. Smirnov of Irkutsk State University

Гербарий им. проф. В. И. Смирнова кафедры ботаники Иркутского государственного университета (IRKU) является крупнейшей в Восточной Сибири гербарной коллекцией: содержит около 150000 образцов. Семейства в коллекции расположены по системе Энглера, роды внутри семейств и виды внутри родов — по алфавиту латинских названий. Гербарий подразделен на семь отделов: Азиатской России, Общего, Исторического, Типового, Криптогамного, Учебного гербария и Дублетного фонда. Отдел Азиатской России является наиболее обширным, в нем к настоящему моменту инсерировано около 95000 гербарных образцов. Историческая часть коллекции (около 2500 листов) содержит сборы Н. С. Турчанинова (1830–1840-е гг.), А. Л. Чекановского (1880-е гг.), С. Коржинского (1891 г.), Я. Прейна (1898 г.), А. Станиловского (1899 г.), гербарий экспедиции Переселенческого управления и др.

С 2019 года в рамках проекта «Информационная система «Флора Байкальской Сибири» на платформе plant.depo.msu.ru», поддержанного РФФИ и Правительством Иркутской области, ведется ревизия, оцифровка и размещение в открытом доступе гербарной коллекции IRKU.

При помощи специально приобретенного для этих целей сканера MICROTEK ObjectScan 1600 производится сканирование гербарных образцов с соблюдением международных требований. Каждый смонтированный гербарный лист снабжается этикеткой со штрихкодом, к нему прикладывается масштабная линейка и цветовая шкала на 23 цвета. Сканирование проводится в цветном формате с разрешением 600 dpi. К настоящему времени отсканировано более 40 000 гербарных листов.

Одновременно со сканированием ведется база данных гербарных образцов на основе программы Microsoft Excel. В базу заносятся таксономические данные, информация из этикеток, уточненные сведения о местонахождении и пр., в том числе географические координаты, что позволяет сделать геопривязку местонахождений подавляющего большинства образцов. В настоящее время геопривязка проведена для 20494 образцов.

Отсканированные образцы после предварительной обработки размещаются на платформе Цифрового гербария МГУ (<https://plant.depo.msu.ru>), где создана точка входа для Гербария ИГУ в виде отдельного портала. Стандартизированные данные автоматически экспортируются в систему GBIF, которая, в числе прочего, позволяет формировать точечные карты ареалов видов. К настоящему времени в Цифровом гербарии МГУ и в системе GBIF размещено 24805 образцов коллекции IRKU, содержащих 552 вида сосудистых растений. Полностью отсканированы блоки споровых сосудистых растений, голосеменных и однодольных от семейства Turphaceae по семейство Сурегасеae (роды *Trichophorum*, *Blysmus*, *Bolboschoenus* и *Carex*).

Оцифровка гербарных коллекций — это новый прогрессивный этап не только в гербарном деле, но и в таксономии, систематике, ботанической географии и других ботанических и смежных науках. Цифровые коллекции позволяют без больших материальных затрат обрабатывать огромные массивы первичных данных, «защитых» в гербарных образцах. Особенно нуждаются в оцифровке труднодоступные коллекции, к примеру, гербарии особо охраняемых природных территорий, гербарии научных и образовательных учреждений удаленных территорий, которые ранее не были учтены при составлении «Флор» регионов, обработке отдельных таксономических групп растений и т.д. Открытый доступ к оцифрованным гербарным коллекциям позволит проводить более качественную обработку массивов ботанических данных на основе репрезентативных выборок.

КАМЕННАЯ БЕРЁЗА В ГЕРБАРИИ ИНСТИТУТА МОРСКОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ ДВО РАН

А. И. Тальских*, А. В. Копанина, И. И. Власова

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН

*anastasiya_talsk@mail.ru

A. I. Talskikh, A. V. Kopanina, I. I. Vlasova. Stone birch in the herbarium of the Institute of Marine Geology and Geophysics, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences

Каменная берёза, *Betula ermanii* Cham. (Betulaceae Gray) — это однодомное, листопадное, анемофильное дерево или крупный кустарник. Жизненная форма *B. ermanii* не является видоспецифичной и зависит от условий обитания. *B. ermanii* одна из основных лесообразующих пород Дальнего Востока России, формирует чистые и смешанные леса в горах и предгорьях, а также кустарниковые заросли — ерники, на морских побережьях и в высокогорьях. Она имеет дальневосточный тип ареала с иррадиацией в Восточную Сибирь по южносибирским горным системам. Зональную растительность она формирует на Камчатке и островах средних Курил (Итуруп, Симушир), а в остальной части ареала (российский Дальний Восток, восток Восточной Сибири, Забайкалье, северо-восточный Китай, Корея, Сахалин и Японский архипелаг) леса с преобладанием *B. ermanii* распространены в виде высотных поясов, формирующих верхнюю границу леса. На Сахалине *B. ermanii* поднимается в горы до высот 850–950 м над ур. моря, на Курильских островах верхняя граница доходит до 500 м над ур. моря, на острове Итуруп до 600–700 м, на острове Уруп до 200–250 м. Произрастание *B. ermanii* в условиях Северо-Восточной Азии определено территориями, находящимися под влиянием океанических воздушных масс и связано с глубоким снежным покровом в горах.

В Институте морской геологии и геофизики (ИМГиГ ДВО РАН) с 1946 года существует гербарий (SAK) сосудистых растений, мохообразных и лишайников, который сформировался на основе коллекции японских ботаников. В коллекции научного гербария ИМГиГ ДВО РАН по состоянию на 01.02.2022 г. хранится 27 образцов *B. ermanii*, собранных ботаниками Института с 1946 г. по 1991 г. С острова Сахалин было собрано 24 листа и по одному листу с островов Монерон, Шикотан и Итуруп. Коллекторами этих сборов *B. ermanii* являются А. И. Толмачев, Е. М. Егорова, А. М. Черняева, В. Н. Ворошилов и др. Последние 15 лет гербарий ИМГиГ ДВО РАН пополняется сборами ботаников нашей лаборатории — экологии растений и геоэкологии (А. В. Копанина, И. И. Власова, А. И. Тальских), главным образом сборами древесных растений с Сахалина и Курильских островов, а также полуострова Камчатка. Цифровой гербарий SAK формируется сотрудниками лаборатории экологии растений и геоэкологии ИМГиГ ДВО РАН на базе гербария Ботанического сада-института ДВО РАН (Владивосток) в информационно-телекоммуникационной сети Интернет по адресу: <https://botsad.ru/herbarium/>. Современные сборы *B. ermanii* — это 23 листа гербария, собранные с 2007 г. по 2019 г. на островах Сахалин (12 листов), Кунашир (6 листов), Итуруп (2 листа), Уруп (1 лист) и полуострове Камчатка (2 листа). Гербарные сборы *B. ermanii* из контрастных экологических условий являются ценным научным материалом. Молодые побеги каменной берёзы с гербарных образцов при наличии дублетов могут быть использованы для изучения внутренней структуры коры и древесины методами световой микроскопии.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИМГиГ ДВО РАН.

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ *HORDEUM VULGARE* L. КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ИЗУЧЕНИЯ СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Е. В. Тютерева

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН
etutereva@binran.ru

E. V. Tyutereva. Genetic transformation of *Hordeum vulgare* L. as a tool to study stress tolerance in crops

Ячмень обыкновенный (*Hordeum vulgare* L.) является четвертой по значимости злаковой культурой в мире (после пшеницы, риса и кукурузы) и важнейшей сельскохозяйственной культурой в России. Трансформация ячменя служит одним из эффективных подходов, применяемых как в фундаментальных исследованиях, так и на этапе проведения предселекционных работ. Анализ трансформантов позволяет изучать функции известных генов, а также опровергать или подтверждать функции «новых» генов, предсказанные методами биоинформатического анализа. Перенос в геном ячменя гетерологичных генов от пшеницы, арабидопсиса и люцерны посевной оказался перспективным для повышения устойчивости к различным абиотическим стрессам и служит одним из современных подходов в селекции ячменя. Всего по имеющимся в литературе данным в геном *H. vulgare* перенесено уже более двух десятков различных генов, так или иначе связанных с формированием у ячменя устойчивости к абиотическим стрессам. Преимуществом трансгенного подхода является гораздо больший спектр генов устойчивости, доступных для вовлечения в формообразовательный процесс, в сравнении с традиционной селекцией.

Для успешной стабильной трансформации растений критически важны три этапа: 1) дизайн вектора, несущего трансген и регуляторные элементы; 2) система доставки вектора в клетки растений; 3) эффективная система регенерации растений из культуры тканей. Серия векторов pBract (Biotechnology Resources for Arable Crop Transformation), разработанная командой группы трансформации растений в John Innes Center (www.bract.org) на основе бинарного вектора pGreen/pSoup, на данный момент представляет собой конструкторы, совместимые с Gateway™ системой клонирования. Показана высокая эффективность их использования для трансформации генома ячменя.

Из двух основных систем трансгеноза в клетки растений — биобаллистики и агробактериального инфицирования — агробактериальная трансформация с применением бинарной системы плазмидных векторов остается ведущим методом трансгеноза злаковых. Она отличается более высокой эффективностью трансформации, более низкой вероятностью встраивания нескольких копий трансгена и более стабильным наследованием трансгена с меньшей частотой его замалчивания.

В качестве тканей-мишеней для агробактериальной трансформации ячменя несколькими группами исследователей были протестированы незрелые эмбрионы, микроспоры и апикальная меристема побега. Лучше всего зарекомендовал себя метод трансформации незрелых зародышей в связи с их способностью к образованию соматических эмбрионов *in vitro*. Способность к успешной регенерации растений из трансформированной каллусной ткани остается одним из основных препятствий для высокоэффективной трансформации ячменя. Культивар Golden Promise — наиболее эффективно каллусообразующий и регенерирующий генотип ячменя; недавно опубликована референсная сборка его генома. Анализ литературы по получению стабильных трансформантов ячменя позволил разработать комбинацию из протоколов с эффективностью трансформации ячменя на уровне 25%.

ALTERATIONS IN RADISH (*RAPHANUS SATIVUS L.*) PROTEOME AND METABOLOME INDUCED BY INOCULATION WITH *AGROBACTERIUM TUMEFACIENS*

Nadezhda Frolova^{1*}, Daria Gorbach^{2,4}, Christian Ihling³, Sarah Etemadi Afshar⁴, Elena Lukashева², Irina Dodueva⁵, Tatiana Bilova^{1,6}, Anastasia Orlova^{1,6}, Andrea Sinz³, Ludmila Lutova⁵ and Andrej Frolov^{2,4,6}

¹Department of Plant Physiology and Biochemistry, St. Petersburg State University,

²Department of Biochemistry, St. Petersburg State University,

³Department of Pharmaceutical Chemistry and Bioanalytics, Institute of Pharmacy, Martin–Luther Universität Halle–Wittenberg,

⁴Leibniz Institute of Plant Biochemistry,

⁵Department of Genetics and Biotechnology, St. Petersburg State University,

⁶Timiryazev Institute of Plant Physiology, Russian Academy of Sciences

*frolovanadja@yandex.ru

Н. Фролова, Д. Горбач, Х. Ихлинг, С. Е. Афшар, Е. Лукашева, И. Додуева, Т. Билова, А. Орлова, А. Синц, Л. Лутова, А. Фролов. Изменения протеома и метаболома редиса (*Raphanus sativus L.*), вызванные инокуляцией *Agrobacterium tumefaciens*

The modern approach to the study of plant–microbe interactions involves the use of omics technologies based on advances in genomics, transcriptomics, proteomics, and metabolomics to analyse global changes in the life cycle of interacting organisms. One of the most striking examples of plant–microbe interactions is infection of plants with *Agrobacterium tumefaciens*, unique genetic parasites that cause hyperplasia by transferring and expressing bacterial genes in the host plant genome, such as *Agrobacterium corona* gall disease. *A. tumefaciens* infection has been extensively studied using transcriptomics approaches based on next–generation sequencing technologies (NGS, RNA–seq), whereas the potential of proteomics and metabolomics still needs to be employed in the solution of this problem. Therefore, here we comprehensively addressed alterations in radish metabolism induced by infection with *A. tumefaciens*. For this, we addressed the patterns of differentially expressed proteins by a combination of non–targeted and targeted LC–MS–based shotgun proteomics approaches. These data were complemented by a comprehensive metabolite profiling using GC–MS, UHPLC–MS and MS/MS techniques. Thus, for the first time, we performed a full–scale study of metabolic and functional changes accompanying the plant response to agrobacterial transformation using a broad panel of complementary omics platforms.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДИПЛОИДНЫХ И КОЛХИЦИН-ИНДУЦИРОВАННЫХ ТЕТРАПЛОИДНЫХ РАСТЕНИЙ *POLEMONIUM CAERULEUM* L.

Ф. М. Хазиева^{1*}, А. В. Глазунова¹, И. Н. Коротких¹, Т. Е. Саматадзе²

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений

² Институт молекулярной биологии им. В. А. Энгельгардта РАН

*firdaushazieva@gmail.com

F. M. Khazieva, A. V. Glazunova, I. N. Korotkikh, T. E. Samatadze. Morphological features of diploid and colchicine-induced tetraploid plants of *Polemonium caeruleum* L.

Синюха голубая (*Polemonium caeruleum* L.) ($2n=18$) — многолетнее травянистое лекарственное растение семейства синюховые (Polemoniaceae), обладает широким спектром биологического действия и используется для профилактики и лечения многих заболеваний. В сырье подземной части (корневища с корнями) *P. caeruleum* содержится до 30% тритерпеновых сапонинов, которые имеют широкий спектр фармакологической активности: антиоксидантная, противоопухолевая, противовоспалительная, антитератогенная, мочегонная, противогрибковая, противовирусная, антиаритмическая и детоксицирующая.

Еще в 1970-е гг. прошлого века многие генетики и селекционеры использовали метод колхицинирования для получения полиплоидных форм растений, предоставляющих богатый исходный материал для селекционной работы. Однако несмотря на значительные исследования по искусственной полиплоидии растений, очень мало исследований по получению полиплоидов в лекарственном растениеводстве. С целью использования полиплоидов в селекционной работе были изучены морфо-биологические и хозяйственно-биологические ценные признаки диплоидных (дикой и интродуцированной формы) и тетраплоидной формы лекарственного растения синюхи голубой, полученных в результате обработки проростков колхицином. Для получения полиплоидов семена синюхи голубой проращивали в чашках Петри на фильтровальной бумаге при комнатной температуре. Когда корешки достигли длины семени, их помещали в 0,2% раствор колхицина на 24 часа, затем промывали в проточной воде в течение трёх часов. После появления семядольных листочков пересаживали в ящики в теплицу, в фазу 4-5 настоящих листочков растения высаживали в поле по схеме 60×30 см. Опытные и контрольные растения, выращенные рассадным способом (в течение 1,5 месяцев) высаживали в грунт и изучали в течение трёх лет (2019–2021 гг.) в полевых условиях. Установлено, что обработка проростков 0,2% раствором колхицина приводит к уменьшению высоты растений на 35%, увеличению толщины стебля на 47% и числа генеративных побегов на 18%, а также к увеличению длины (на 23%) и ширины листа (на 22%) у тетраплоидных форм по сравнению с диплоидными формами растений. Выявлено, что урожайность сырья полиплоидных форм на 32%, а урожайность семян — на 22% выше, чем у диплоидных форм. Обработка колхицином привела к увеличению размеров пыльцевых зерен на 13% у тетраплоидных форм, при этом фертильность пыльцы уменьшилась на 19%. Установлено, что полученные тетраплоидные формы растений *P. caeruleum* являются перспективным исходным материалом для дальнейшей селекционной работы.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22–26–00221 и в рамках НИР ФГБНУ ВИЛАР № FNSZ–2019–0007.

КОЛЛЕКЦИОНИРОВАНИЕ ФОРМ ВНУТРИВИДОВОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ

В. Е. Харченко

Луганский государственный аграрный университет

viktoriakharchenko@rambler.ru

V. E. Kharchenko. Collecting forms of intraspecific variability

При составлении гербарных коллекций обычно стараются сохранять несколько экземпляров (4-5 штук), которые наиболее точно отражают типовые описания видов. Это может быть связано с дефицитом помещений для хранения образцов и трудоёмкости работы с гербарием. Однако для представления о генезисе морфологических признаков и выявлении механизмов регуляции продуктивности растений большую ценность представляют формы внутривидовой изменчивости и отклонения, возникающие вследствие мутаций или формы модификаций, возникающих под влиянием условий произрастания. В работах Clausen (1962) было показано, как сильно могут трансформироваться морфологические признаки растений в разных условиях среды. Кроме того, в ходе эволюции признака часто в популяциях можно обнаружить его промежуточные состояния, которые могут быть обнаружены исследователями в случае хранения большого числа экземпляров в гербарных коллекциях. Переходные формы позволяют уточнить генезис сложных морфологических признаков и границы их изменчивости в определённых условиях. В период с 2010 по 2016 гг., был проведён анализ многочисленных экземпляров *Anemone* в разных гербарных коллекциях: Институт ботаники им. Н.Г. Холодного (KW) (Киев, Украина), Ботанический сад-института ДВО РАН (VBGI) (Владивосток, Россия) и Биолого-почвенный институт ДВО РАН (VLA) (Владивосток, Россия), Национальный гербарий Франции (P) (Париж, Франция), гербарная коллекция ЛГАУ (LNAU) и др. Удалось выяснить, что скопления цветков на верхушке главного побега является скоплением множества боковых побегов, а не соцветием у *Anemonastrum narcissiflorum* (L.) Holub (Ranunculaceae Juss.), которое возникло в результате редукции междоузлий между боковыми побегами (Харченко, 2015). При гербаризации крупных экземпляров, в гербарную коллекцию обычно помещают фрагмент растения, но крайне редко имеются указания относительно того с побегом какого уровня ветвления мы имеем дело (главный побег, боковой побег первого порядка, второго или пр.) В гербарной коллекции LNAU имеется около 7500 образцов растений, собранных в природе. Кроме того, есть образцы мутантных линий *Arabidopsis thaliana* на разных стадиях морфогенеза из коллекции кафедры биологии растений ЛГАУ. При анализе изменчивости линии *Ler* выяснилось, что несложно смоделировать условия, в которых повышается частота формирования одиночных терминальных цветков. Условия среды могут довольно существенно трансформировать фенотип растений, даже в условия лаборатории светокультуры морфологические признаки варьируют у растений чистых линий *Arabidopsis thaliana*. При описании фенотипической изменчивости мутантных линий исследователи ограничиваются одним из эффектов, который привлёк их внимание (терминальный цветок, голый, карлик и пр.), но обычно мутанты обладают плейотропными эффектами, экспрессивность и пенетрантность которых варьирует в разных условиях среды. Фотографий не всегда достаточно для представления о наблюдаемой изменчивости растений, так как она предполагает фокусировку на определённом эффекте. Так в каталоге NASC *Arabidopsis thaliana*, линия № 319, числилась как карлик с голыми листьями, оказалось, что у этой линии недоразвиты междоузлия между стеблевыми листьями, а число цветков существенно больше обычного и они приспособлены к перекрёстному опылению. В заключение, считаю целесообразным уделять особое внимание формам внутривидовой изменчивости при составлении гербарных коллекций, а также указывать местоположение на побеге побега, фрагментов, помещаемых в гербарий и гербаризировать мутантные формы.

ОБРАЗЦЫ *STEMPHYLIUM* В МИКОЛОГИЧЕСКОМ ГЕРБАРИИ ВИЗР (ЛЕР)

Л. Б. Хлопунова*, Е. Л. Гасич

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений

*miceliy@mail.ru

L. B. Khlopunova, E. L. Gasich. Specimens of *Stemphylium* in the mycological herbarium of VIZR (LER)

В базе данных научных названий грибов Index Fungorum (<https://www.indexfungorum.org/>) приводится информация о более чем 200 видах и внутривидовых таксонах *Stemphylium*. Некоторые из них в настоящее время отнесены к другим видам или родам, поэтому количество актуальных видов значительно меньше. Среди *Stemphylium* есть виды, ведущие сапротрофный образ жизни на различных субстратах, однако большая часть известна как возбудители заболеваний растений. В микологическом гербарии лаборатории микологии и фитопатологии имени А. А. Ячевского Всероссийского научно-исследовательского института защиты растений (ЛЕР) хранится 53 образца *Stemphylium*. *S. allii* Oudem. представлен в гербарии шестью образцами на видах лука, собранными в Одессе, Ташкенте, Самаркандской и Алма-Атинской областях; *S. asperulum* Sacc. — одним образцом на экскрементах из США; *S. ericoctorum* A. Braun & de Bary — четырьмя образцами на вереске из Новороссийска и Берлина; *S. juniperinum* P. Karst. — одним образцом на листьях можжевельника из Финляндии. *S. botryosum* Sacc. выявлен на бумаге (шесть образцов из Германии), листьях конопли (один образец из Пензенской обл.), ветви древесного растения (один образец из Франции). *S. piriforme* Bonord. (четыре образца) обнаружен на ветвях *Thesium impressum* из Ирана и Италии, груши обыкновенной из Псковской области и на древесине дуба из Волгограда; *S. fuscences* Rabenh. (один образец) — на коре осины из Швейцарии; *S. inflatum* Sacc. (два образца) — на ветвях крыжовника из Киева и жостера слабительного из Италии; *S. polymorphum* (Corda) Bonord. (три образца) — на кроталарии бородавчатой из США и бобе русском из Киевской области; *S. sarciniforme* (Cavara) Wiltshire (семь образцов) — на клевере луговом из Ленинградской области и люпине узколистом из Белоруссии, *S. vesicarium* (Wallr.) E.G. Simmons (один образец) — на стеблях мака самосейки из Ленинградской области. Также имеется три образца *Stemphylium* не идентифицированных до вида: на листьях конопли посевной (Самарская область), рогоза и лука (Узбекистан).

Ниже приводятся образцы видов, отнесенных в данный момент к другим родам: *S. alternariae* (Cooke) Sacc. (синоним *Alternaria alternariae* (Cooke) Woudenb. & Crous) (два образца) — на бумаге (Воронежская область); *S. ilicis* Tengwall (синоним *Alternaria consortialis* (Thuem.) J.W. Groves & S. Hughes) (один образец) — на листьях огурца (Белоруссия); *S. macrosporoideum* (Berk. & Broome) Sacc. (синоним *Monodictys castaneae* (Wallr.) S. Hughes) (пять образцов) — на древесине дуба (Италия, Франция); *S. magnusianum* Sacc. (синоним *Papulaspora magnusiana* (Sacc.) Hotson) (один образец) — на ветвях ольхи зеленой (Италия); *S. paradoxum* (Corda) Fuckel (синоним *Monodictys paradoxa* (Corda) S. Hughes) (один образец) — на древесине ольхи (Абхазия).

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ 19-76-30005.

СОХРАНЕНИЕ И ВОСПРОИЗВОДСТВО ЦЕННЫХ ГЕНОТИПОВ ТОПОЛЯ НА ОСНОВЕ КОЛЛЕКЦИИ *IN VITRO*

Е. А. Шабанова*, А. П. Царев, Р. П. Царева, Т. М. Табацкая, О. С. Машкина

Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и
биотехнологии

*katy-green2009@yandex.ru

**E. A. Shabanova, A. P. Tsarev, R. P. Tsareva, T. M. Tabatskaya, O. S. Mashkina.
Preservation and reproduction of valuable poplar genotypes based on the *in vitro*
collection**

Возрастание интереса к плантационному разведению быстрорастущих пород древесных растений актуализирует необходимость отбора, сохранения и ускоренного размножения выдающихся генотипов методами биотехнологии.

Несмотря на многолетний успех российских ученых по размножению *in vitro* тополя и осины, внедрение биотехнологических разработок в практику лесного хозяйства ограничено в связи сложностью отдельных этапов микроразмножения взрослых деревьев и адаптации микрорастений к условиям *ex vitro*. Отечественные плантационные культуры, созданные на основе клонального микроразмножения, немногочисленны и включают небольшое количество генотипов (2-6 клонов или линий). Недостаточно изученными остаются вопросы влияния условий произрастания на сохранность, рост, внутриклоновую однородность древесных растений.

Сотрудниками ФГБУ «ВНИИЛГИСбиотех» получены и отобраны ценные гибриды и полиплоиды тополей, за 2015–2021 гг. зарегистрировано шесть новых сортов тополя. Лучшие генотипы, трудноразмножаемые традиционными способами, вошли в состав коллекции клонов лиственных древесных растений *in vitro*, которая в 2022 г. включает более 30 генотипов представителей рода *Populus*, в том числе разноплоидные продуктивные и гнилеустойчивые экземпляры белых тополей и осины, быстрорастущие, засухо- и морозоустойчивые гибриды евро-американских тополей, декоративные гибриды тополя белого и Болле и др. Возраст коллекционных клонов *in vitro* — от 2 до 27 лет.

Разработаны подходы для эффективного получения асептических жизнеспособных культур взрослых деревьев тополя и осины, способы длительного хранения коллекционных образцов, технология адаптации выращенного *in vitro* посадочного материала к почвенным условиям.

Результаты исследований 20–25-летних опытных плантационных культур тополя белого, сереющего и осины, созданных с использованием методов биотехнологии, показали относительную однородность клонов по параметрам высоты и диаметра, сохранение молекулярно-генетических и цитогенетических особенностей и высокого качества древесины, характерных для исходных растений.

С использованием размноженного *in vitro* посадочного материала в 2018–2021 гг. ФГБУ «ВНИИЛГИСбиотех» в Воронежской и Липецкой областях созданы опытные культуры перспективных генотипов тополя и осины с целью сортоиспытания, сохранения уникальных генотипов, сравнительного анализа вегетативного и семенного гибридного потомства хозяйственно ценных деревьев.

Выращиваемый на основе коллекции *in vitro* посадочный материал может быть востребован для озеленения, создания полезащитных и мелиоративных насаждений, биоэнергетических плантаций, карбоновых полигонов.

КОЛЛЕКЦИИ ГЕРБАРИЯ ГБС РАН (МНА) КАК ИСТОЧНИК ДАННЫХ ДЛЯ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ФЛОРЫ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

И. А. Шанцер*, А. В. Федорова

Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН

*ischanzer@gmail.com

I. A. Schanzer, A. V. Fedorova. Herbarium collections of the Tsitsin Main Botanical Garden (MNA) as a data source for molecular genetic studies for the “Flora of the Lower Volga Region”

Результаты молекулярно-генетических исследований уже давно стали рутинной частью при подготовке таксономических ревизий в ботанике. Однако для их проведения часто необходим массовый материал, собранный со всего ареала исследуемого вида или группы. Сбор такого материала нередко сопряжен со значительными сложностями. И здесь коллекции Гербариев оказываются готовым для использования ценнейшим источником информации, в котором на десятилетия, а иногда и на столетия, законсервирована ДНК растений, собранных в разные годы различными коллекторами из огромного числа местонахождений. Гербарий ГБС РАН насчитывает несколько менее одного миллиона образцов, однако хранящиеся в нем коллекции по флоре Нижнего Поволжья, целенаправленно собиравшиеся в течение более чем пятидесяти лет, составляют несколько десятков тысяч образцов.

При подготовке «Флоры Нижнего Поволжья» эти коллекции были использованы нами для молекулярно-генетических исследований ряда критических таксонов юга России. Их результаты, позволившие решить ряд спорных таксономических вопросов при обработке некоторых таксонов в опубликованных томах «Флоры», можно проиллюстрировать на примере рода *Rosa*. Долгое время среди отечественных систематиков и флористов существовало твердое убеждение, что в Восточной Европе распространены от трех до четырех видов шиповников из секции *Rosa*, а именно *R. cinnatomea* (*R. majalis*), *R. glabrifolia*, *R. gorinkensis* и *R. pratorum*. Эти виды различаются, главным образом, присутствием или отсутствием простого и железистого опушения на листьях. Так как в Гербарии ГБС РАН в 1980–е — 2000–е годы были накоплены большие коллекции всех этих видов и предварительное исследование географической изменчивости морфологических признаков показало, что все четыре вида могут быть формами изменчивости одного, мы смогли использовать их для исследования с использованием ISSR маркеров и фрагмента *trnL-trnF* большое число образцов *R. cinnatomea* s.l. из разных популяций европейской части России. Параллельно был проведен анализ изменчивости морфологических признаков. Результаты данных исследований однозначно показали, что полиморфизм *R. cinnatomea* по признакам простого и железистого опушения листьев является внутривидовым и никак не скоррелирован ни с изменчивостью молекулярных маркеров, ни с иными морфологическими признаками. Исследования, проведенные на шиповниках, относящихся к секции *Caninae* по материалам из Волгоградской области позволили продемонстрировать, что растения морфологически идентичные *R. caesia* представляют собой гибрид между *R. canina* и *R. cinnatomea*. Эти и некоторые другие результаты позволили подвергнуть значительной критической ревизии род *Rosa* при подготовке 2-го тома «Флоры».

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕНОФОНДА МНОГОЛЕТНИХ ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЙ КОЛЛЕКЦИИ БОТАНИЧЕСКОГО САДА УРО РАН (Г. ЕКАТЕРИНБУРГ, СРЕДНИЙ УРАЛ)

Е. А. Шарова

Ботанический сад УрО РАН
eakosheleva@mail.ru

E. A. Sharova. Prospects of using the gene pool of perennial ornamental plants from the collection of the Botanical garden of the Ural Branch of RAS (Yekaterinburg, Middle Ural)

Сохранение и размножение генетических коллекций растений это один из острых вопросов, который стоит на сегодняшний день в нашей стране. Развитие генетических технологий для ускоренного размножения растений приобретает преобладающее направление в развитии науки и промышленности. Для того, чтобы воспользоваться данными технологиями, нужно провести комплексную оценку коллекционных фондов растений. Одними из таких ресурсных организаций являются Ботанические сады России, которые владеют немалыми видовыми и сортовыми коллекционными фондами лекарственных, пряно-ароматических, пищевых, цветочно-декоративных растений, которые могут участвовать в современных программах импортозамещения. Следует отметить, что основные центры селекции цветочно-декоративных культур находятся в Западной Европе, Северной Америке, Восточной Азии, и сорта, созданные в условиях мягкого климата малоадаптивны в условиях России, но при этом не теряет своей актуальности введение данных растений в интродукцию наших климатических условий. Также коллекции цветочно-декоративных растений не всегда активно используются в научном процессе и селекционной работе, хотя несут в себе огромный генетический потенциал.

Так, Ботанический сад УрО РАН — одно из научно-исследовательских учреждений Среднего Урала, занимающееся интродукцией, акклиматизацией и изучением мировой и региональной флоры, формированием и поддержанием коллекционных фондов растений. Следует отметить, что проблема интродукции иноземных декоративных многолетников открытого грунта решается разными методами: улучшаются почвенные показатели, используются различные методы размножения (от семян и почек возобновления до черенкования), ежегодно оценивается успешность интродукции и экономическая эффективность видов и сортов. Например, на территории участка декоративных многолетников разрабатывается пионарий, который включает большей частью иноземные образцы: сорта американской селекции (39%), сорта французской селекции (39%), Нидерланды (2%) и сорта российской селекции (20%). Основную часть коллекции пионов составляют «ретро» сорта. Они успешно прошли все этапы интродукции и некоторые из них рекомендованы к использованию для озеленения территорий Свердловской области. Так, по результатам комплексной оценки и экономической эффективности наиболее перспективными для выращивания в условиях Среднего Урала оказались *Paeonia suffruticosa* и *P. mlkosewitschii*, а также, следующие сорта пионов: cv. Anna Zahller, cv. Bev, cv. Cora Stubbs, cv. Duchesse de Nemours, cv. M-me de Verneville, cv. Maria d'Hoys, cv. Mrs. Wilder Buncroft, cv. Princess Margaret, cv. Marchal Mac-Mahon. Таким образом, поддержание и преумножение существующего коллекционного фонда декоративных многолетников составляет основную базу для развития декоративного растениеводства в нашей стране.

СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ КОЛЛЕКЦИОННЫХ ФОНДОВ ЖИВЫХ РАСТЕНИЙ В ГЛАВНОМ БОТАНИЧЕСКОМ САДУ ИМ. Н.В. ЦИЦИНА РАН

А. Н. Швецов*, В. П. Упельник, С. А. Сенатор**

Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН

*floramoscow@mail.ru, **stsenator@yandex.ru

A. N. Shvetsov, V. P. Upelnik, S. A. Senator. Formation and development of living plants collections in the Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences

Ботанические сады — центры изучения биоразнообразия, играющие важную роль в создании и поддержании коллекций видов растений, в т. ч. находящихся под угрозой исчезновения. Именно в ботанических садах разработаны современные методы сохранения и реинтродукции *ex situ*. Коллекции живых растений являются основой научных работ ГБС РАН. Их формирование началось одновременно с основанием сада в 1945 г. Особое значение придавалось привлечению семян и посадочного материала из мест природного обитания (прежде всего из очагов флористического разнообразия — Средней Азии, Кавказа, Дальнего Востока). Важным источником пополнения коллекционных фондов явились зарубежные страны. В конце 1940–х гг. основу коллекции тропических и субтропических растений составили образцы, полученные из Германии. В 1950–е гг. в её формировании и пополнении активное участие принимали отечественные ботанические сады — БИН РАН, Московского и Ленинградского университетов, Кишинёвский, Сухумский, Батумский и др. В конце 1950–х гг. появились возможности привлечения материала из Индии, Америки, Африки, островов Индийского и Тихого океанов. С 1976 г. ботаники ГБС РАН, совместно с ботаниками США, принимали участие в экспедициях в наиболее богатые флористические регионы обеих стран. Одним из важнейших путей накопления коллекционных фондов является привлечение посевного материала, основой проведения обмена служат списки семян. Наиболее значительные поступления семенного материала приходилось на 1960–1970 гг. В рамках обмена в 1945–2015 гг. охвачено около 400 организаций в России и более 900 за её пределами. Общее количество инвентаризированных образцов, поступивших в ГБС РАН, составляет свыше 445 тысяч. В результате в ГБС РАН собраны богатейшие коллекции растений, представляющих разнообразие растительного мира Земли. Живые коллекции в настоящее время насчитывают 11090 видов и 7869 сортов и являются крупнейшими в России. Коллекции открытого грунта представлены в следующих подразделениях: растения природной флоры — 1425 видов и подвидов, дендрарий — 1011 видов, 107 подвидов и вариаций, 181 форма и сорт, цветочно-декоративные растения — 1039 видов и 5047 сортов, культурные растения — 750 видов и 1730 сортов. В составе коллекции тропических и субтропических растений — 6865 видов и 804 культивара. Уникальный коллекционный фонд — это основа научных исследований по разработке фундаментальных проблем сохранения биоразнообразия природной и культурной флоры, интродукции и акклиматизации растений. Итогом научно-исследовательских работ явились капитальные труды по изучению флоры Дальнего Востока и ритмов развития растений, монографические сводки по сравнительному изучению биологии, онтогенеза и изменчивости в природе и культуре некоторых видов и родов растений (*Allium*, *Eremurus*, *Fritillaria*, *Thymus*, *Valeriana* и др.). Опыт 70-летней интродукции растений обобщен сотрудниками сада в ряде монографий, которые вносят весомый вклад в развитие теории и практики интродукции и акклиматизации растений. Условиями успешной деятельности ботанического сада являются: сотрудничество с другими ботаническими садами и специалистами, формирование коллекций живых растений в рамках программ по сохранению биоразнообразия, поддержание генетического разнообразия видов.

КОЛЛЕКЦИЯ АРОМАТИЧЕСКИХ И ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ НИКИТСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА КАК БАЗА СЕЛЕКЦИОННЫХ И ГЕНЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

О. М. Шевчук, Т. М. Сахно*, Л. А. Логвиненко, С. А. Феськов

Никитский ботанический сад — Национальный научный центр

*sahno_tanya@mail.ru

O. M. Shevchuk, T. M. Sakhno, L. A. Logvinenko, S. A. Feskov. Collection of aromatic and medicinal plants of the Nikitsky Botanical Garden as a base for plant breeding and genetic research

История формирования коллекции ароматических и лекарственных растений Никитского ботанического сада (НБС) начинается с 1812 г. Благодаря целенаправленной работе по мобилизации ценных видов растений путем привлечения новых таксонов в результате экспедиционной деятельности, обмену семенного материала по делектусу, а также тесному сотрудничеству с ведущими научными учреждениями РФ и зарубежья, к настоящему времени здесь собрана богатейшая коллекция ароматических и лекарственных растений, насчитывающая 264 вида из 133 родов, относящихся к 37 семействам. Наиболее широко представлены виды семейств Lamiaceae (30 родов, 82 вида, 79 сортов), Asteraceae (21 род, 61 вид, 13 сортов) и Rosaceae (8 родов, 15 видов, 11 сортов). В том числе группа лекарственных растений насчитывает 156 видов, относящихся к 32 семействам, среди которых наиболее значимую долю занимают виды таких семейств как Asteraceae — 32,7%, Lamiaceae — 15,4%, Rosaceae — 8,3%. Научное значение коллекционного фонда заключается в сохранении разнообразия полезных видов растений и их комплексном изучении в условиях культуры Южного берега Крыма. К ключевым направлениям научной деятельности относится изучение морфолого-биологических и основных хозяйственно-ценных признаков (урожайность сырья, массовая доля и компонентный состав эфирного масла, а также содержание и спектр биологически активных веществ в растительном сырье). С практической точки зрения коллекция ароматических и лекарственных растений представляет интерес как резерват уникальных генотипов — источников ценных признаков. Следует отметить, что на основе многолетнего комплексного изучения основных характеристик удалось выделить перспективные культуры для широкого внедрения в производство, а также форм в качестве родительских пар для дальнейшей селекции. Селекционная работа направлена на создание новых сортов растений, отличающихся высокой продуктивностью, засухоустойчивостью, повышенным качеством эфирного масла и содержанием действующих веществ, перспективных для промышленного возделывания, как в Крыму, так и на юге России. В результате комплексного изучения образцов интродуцированных растений различного эколого-географического происхождения методом индивидуального отбора были созданы 45 сортов селекции НБС. За последние 8 лет в Государственный реестр селекционных достижений внесено 30 сортов, рекомендованных для выращивания в Республике Крым, на 12 сортов получены патенты. Таким образом, генофондовая коллекция ароматических и лекарственных растений НБС на сегодняшний день представляет большой научно-практический потенциал для изучения ценных представителей флоры, а также служит базой для селекционных и генетических исследований, направленных на выделение наиболее перспективных образцов с целью расширения возможностей обеспечения внутреннего рынка высококачественным отечественным сырьем. В настоящее время перспективными культурами для промышленного возделывания в Крыму и на юге РФ являются сорта селекции НБС: лавандин «Рабат», тимьяны «Юбилейный» и «Ялос», мирт «Южнобережный», полынь сантонинная «Цитраль», иссоп лекарственный «Белый Никитский».

ДНК–ШТРИХКОДИРОВАНИЕ РАСТЕНИЙ — ИДЕАЛЫ, ПРАКТИКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЛЛЕКЦИЙ

В. С. Шнеер*, Э. М. Мачс, Е. Е. Крапивская, А. В. Родионов

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН

*shneyer@binran.ru

V. S. Shneyer, E. M. Machs, E. E. Krapivskaya, A. V. Rodionov. DNA barcoding of plants — ideals, practices, and use of collections

ДНК–штрихкодированию (ДНК–ШК) как подходу уже 18 лет — возраст совершеннолетия для людей. Однако надо признать, что ДНК–ШК растений оказалось делом гораздо более сложным, чем это представлялось инициаторам и первым идеологам этого направления. Многолетние исследования показали, что традиционный ДНК–штрихкод животных — митохондриальный ген COI медленно и/или с неравномерной скоростью изменяется при дивергенции видов растений. Более того, до сих пор для растений не удалось подобрать один участок генома, который был бы видоспецифичен не только у всех растений, но и в пределах сколько-то крупной таксономической группы. К настоящему времени официально одобрены в качестве ДНК–штрихкодов фрагменты кодирующих генов *matK*, *rbcL* и некодирующие участки ITS1, ITS2, *trnH-psbA*. Широко применяются и некоторые другие, вплоть до полных хлоропластных геномов и генов, секвенированных с помощью NGS. Однако для некоторых, особенно молодых и быстро иррадиировавших групп найти участок, в достаточной степени и равномерно эволюционирующий, могущий служить ДНК–штрихкодом, оказалось очень непросто. Опыт показал, что нередко приходится опытным путём подбирать несколько (два–три и более) переменных участков генома, чтобы получить хорошее разрешение, например, в пределах рода. Таким образом, получается, что ДНК–штрихкоды у разных групп оказываются разными, что не только не согласуется с первоначальной идеей («прочитать один ген у всех видов живого/всех видов растений»), но и препятствует быстрой и лёгкой автоматизированной идентификации видов растений, о которой мечталось в 2005 году. Тем не менее, за прошедшие годы показана эффективность ДНК–ШК, предполагающего массовый анализ образцов одного вида, как для науки, так и для практики. В прикладных областях он уже используется для проверки фармацевтического сырья, различного мониторинга, охраны биоразнообразия и т.д., и здесь разнообразие ДНК–штрихкодов не является большим препятствием. В науке ДНК–ШК позволяет уточнять систематику таксонов, и в особенности выявлять криптические виды и криптические гибриды, что вряд ли возможно сделать другими способами, и что иногда оказывается важным как с научной, так и с практической стороны. Одним из главных предусловий ДНК–ШК как подхода является наличие гербарных коллекций, с многочисленными образцами одного вида, собранными в разных частях ареала. К настоящему времени не только ботаниками, но и зоологами, более активно применяющими ДНК–ШК, осознаны и узкие места при использовании коллекций и функционировании баз данных, способствующие досадным ошибкам — неверные определения материала (даже в солидных коллекциях), указание на этикетках невалидных/устаревших названий видов, неточное цитирование этикеток или каталожных номеров, присутствие в базах данных последовательностей, секвенированных из таксономически неверно определенных образцов, неудаление их из баз после обнаружения ошибок и др. Учитывая важность достоверности ДНК–штрихкодов, повышается ценность точно определенного ваучерного коллекционного материала.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России по Соглашению 075–15–2021–1056.

ВИДЫ *PHILADELPHUS* L. В КОЛЛЕКЦИИ ЦБС НАН БЕЛАРУСИ

Т. В. Шпитальная*, А. А. Котов

Центральный ботанический сад НАН Беларуси

*t.shpitalnaya@cbg.org.by

T. V. Shpitalnaya, A. A. Kotov. Species of *Philadelphus* L. in the collection of the CBG of NAS of Belarus

Одной из основных задач интродукционной работы с растениями является выделение наиболее перспективных декоративных деревьев и кустарников для внедрения в практику зелёного строительства Беларуси. Весенний период является наиболее востребованным для зелёного оформления территорий парков, садов населённых пунктов. Среди широкого разнообразия декоративных деревьев и кустарников, эффектно цветущих в весенний период, можно выделить такие, как вейгела, гамамелис, керия, магнолия, магония, миндаль, сирень, спирея, чубушники, форзиция, хеномелес, декоративные вишни, сливы, яблони.

Чубушник (*Philadelphus* L.) — род кустарников из семейства Гортензиевые (Hydrangeaceae Dumort.). Один из немногих кустарников, ежегодно и обильно цветущих в умеренно холодном климате, одно из самых неприхотливых декоративных растений. Разнообразные виды и сорта садового жасмина хорошо адаптированы к нашим условиям и цветут с конца мая до конца июля. Чубушники — растения медоносные, поэтому привлекают в сад бабочек, пчёл и других насекомых опылителей. В культуру декоративного садоводства введено около 30 видов. Наибольшее распространение в культуре получили чубушники Европы и Северной Америки. В природных условиях чубушники растут в подлеске широколиственных и хвойно-широколиственных лесов, по опушкам и среди зарослей кустарников, на обрывах и каменистых осыпях, чаще одиночными кустами или группами.

Известны следующие виды чубушников:

Чубушник мелколистный (*Philadelphus microphyllus* Gray). Этот североамериканский вид является родоначальником наиболее ароматных и красивых сортов. В культуре с 1883 года. Куст низкорослый до 1,5 м, с ажурной кроной. Побеги тонкие, блестящие, с буровато-красной корой и тёмно-зелеными заострёнными, мелкими листьями. Цветки простые, мелкие с запахом земляники полностью покрывают куст во время цветения. Зацветает рано — в конце мая.

Чубушник пушистый (*Philadelphus pubescens* Loisel.) — с 1800 года введен в культуру. Это самый позднецветущий кустарник, до 3 м высотой, с раскидистой кроной 1,7 м в диаметре. Листья снизу густо опушены, отсюда и название. Цветки простые почти без аромата, но зато они крупные и собраны в довольно густые кисти по 5-10 штук. Особенное очарование цветкам придают оранжево-жёлтые пыльники, которые ярко выделяются на фоне кремоватых лепестков. Цветёт во второй половине июля — начале августа.

Чубушник непахучий (*Philadelphus inodorus* L.) — высокорослый куст отличается рекордно длительным периодом цветения до 30 дней. Куст достигает 3 м в высоту. Листья крупные, 7–12 см. Цветки белые, без запаха, до 5 см в диаметре, собраны в кисти по 3 или 5 штук. Цветёт весь июнь.

Чубушник Гордона (*Philadelphus gordonianus* Lindl.) — один из самых высокорослых видов. Высота куста может достигать 4 м, при затенении — 5–6 м. Кора ветвей желтоватая, не растрескивающаяся и не отслаивающаяся. Вид очень декоративен благодаря крупным ярко-зелёным блестящим листьям и чисто-белым, простым слабо душистым, до 4,5 см в диаметре цветкам, собранным в густые соцветия (7–9). Цветёт в июне–июле очень обильно. Часто в культуре побеги выстреливают до 3 метров, а то и более, и только потом начнут изгибаться «фонтаном», обрастать боковыми веточками. Зацветают на 4–5 год, иногда на 6–7 год.

Чубушник Шренка (*Philadelphus schrenkii* Rupr.) — зацветает одним из первых среди прочих видов — в конце мая и продолжительно — в течение 25 дней. Высота куста достигает 3 м. В культуру попал из Китая, Кореи и Дальнего Востока. Листья яйцевидные, на верхушке резко суженные. Цветки белые довольно крупные до 4 см в диаметре, ароматные, собранные в плотные (до 9 штук) короткие соцветия. Зимостоек, выдерживает морозы до –25°C.

Характерная особенность — опушение молодых побегов и пестика цветка, а также листья яйцевидной формы, на верхушке суженные. Вид зимостоек, выдерживает морозы до -25°C .

Чубушник заостренный (*Philadelphus satsumanus* Siebold ex Miq.), или йокогамский (*Philadelphus yokohamae*) — крайне редко встречается в наших садах. На родине в Японии он растёт в виде высокого кустарника высотой до 2 м, но в культуре высота его не превышает 1,5 м. Листья крупные, заостренные. Цветки распускаются в середине июня. Они некрупные, изящные, белые, собраны по 5–9 штук в густые соцветия с тонким несильным ароматом.

Чубушник пекинский (*Philadelphus pekinensis* Rupr.) — ареал — Северный Китай и Корея. Куст высотой до 1,6 м. У него некрупная листва и оригинальные бело-кремовые цветки до 3 см в диаметре с едва уловимым ароматом. Лепестки широкие, расположены в одной плоскости. Цветёт с конца июня до середины июля.

Чубушник венечный (*Philadelphus coronarius* L.), или обыкновенный — листопадный вертикально-растущий кустарник, боковые ветви с возрастом немного свисающие, 2–3(4) м высотой и около 1,5–2(3) м шириной. Кора тёмно-коричневая, слабо блестящая, немного отслаивающаяся. Листья расположены супротивно, заострённо-овальные, 4,5–9 см длиной, тёмно-зелёные, матовые, немного шершавые. Белые простые цветки диаметром 3 см, собраны по 5–9 в кистевидные соцветия, душистые; цветёт в июне. Плоды небольшие, малозаметные. Сильная, необычайно обширная стержневая корневая система. Светолюбив, выносит полутень. Хорошо растёт на всех культивируемых садовых почвах, даже сухих; от слабокислых до сильнощелочных, предпочитает равномерно увлажнённый субстрат. Морозостоек, не очень ветроустойчив, хорошо пересаживается, быстро отрастает после сильной обрезки, устойчив к городским условиям. Ареал: Южная Европа до Кавказа.

Авторский указатель

Алексеева Н. Б.	3	Крапивская Е. Е.	60
Амосова А. В.	4, 33, 45	Крестовская Т. В.	25
Байгараев Д. Ш.	16	Креницына А. А.	26
Басалаева И. В.	5, 45	Кулаков В. Г.	27
Белимов А. А.	46	Кулакова Ю. Ю.	27
Болдина О. Н.	6	Кулизин П. В.	11
Большева Н. Л.	4	Куликовский М. С.	20, 21, 30
Ваганов А. В.	7	Куличихин К. Ю.	28
Василенко А. Н.	38	Купчинский А. Б.	32
Владимиров Д. Р.	10	Ларина Г. Е.	29
Власова И. И.	49	Логвиненко Л. А.	59
Войцеховская О. В.	8	Лоскутов И. Г.	43
Гарибова Л. В.	24	Лю Д.-Ц.	13
Гасич Е. Л.	9, 54	Мальцев Е. И.	21, 30
Глазунова А. В.	52	Мальцева С. Ю.	30
Гнутиков А. А.	35, 43	Мартыненко Н. А.	11
Голимбовская С. А.	29	Мачс Э. М.	37, 60
Григорьевская А. Я.	10	Машкина О. С.	31, 55
Гусев Е. С.	11	Меркушкин Д. С.	26
Гусева Е. Д.	22	Минчева Е. В.	32
Гусева Е. Е.	21	Минюк Г. С.	12
Данцюк Н. В.	12	Муравенко О. В.	4, 33, 45
Демченко К. Н.	22	Муртазалиев Р. А.	34
Дорогина О. В.	14	Мякошина Ю. А.	37
Дудников А. Ю.	13	Новаковская И. В.	39
Дьяков М. Ю.	24	Носов Н. Н.	35, 43
Елисафенко Т. В.	14	Нуждина Н. С.	36
Жинкина Н. А.	37	Озеров И. А.	37
Задорский С. П.	28	Озерская С. М.	38
Зоцук С. А.	4, 33	Орлова Ю. В.	27
Иванушкина Н. Е.	38	Патова Е. Н.	39
Игнатов М. С.	15	Подунай Ю. А.	11
Ильина Е. Л.	22	Полякова М. С.	32
Ишмуратова М. Ю.	16	Потемкин А. Д.	40
Кабанов А. В.	19	Предтеченская О. О.	41
Калембет И. Н.	29	Псурцева Н. В.	42
Кальнюк Ю. В.	33	Пудовкина Т. А.	32
Капустин Д. А.	20	Пунина Е. О.	43
Кезля Е. М.	21	Рамазанов А. К.	16
Кечайкин А. А.	7	Родионов А. В.	35, 37, 43, 60
Кикеева А. В.	41	Руоколайнен А. В.	41
Кирюшкин А. С.	22	Савинов И. А.	44
Кияшко А. А.	42	Саматадзе Т. Е.	4, 33, 45, 52
Клещенок А. В.	9	Сахно Т. М.	59
Ковтонюк Н. К.	23, 36	Сенатор С. А.	58
Комиссаров Н. С.	24	Серая Л. Г.	29
Копанина А. В.	49	Скапцов М. В.	7
Коротких И. Н.	52	Соколова Д. В.	46, 47
Корчагин О. М.	31	Соколова И. В.	25
Котов А. А.	61	Степанова Н. Ю.	15
Кочкина Г. А.	38	Степанцова Н. В.	48

Стерлягова И. Н.	39	Шанцер И. А.	56
Субботин А. С.	10	Шапошников А. И.	46
Сырова Д. С.	46	Шарова Е. А.	57
Табацкая Т. М.	31, 55	Швецов А. Н.	58
Тальских А. И.	49	Шевчук О. М.	59
Тлеуменова С. У.	16	Шмаков А. И.	7
Торшилова А. А.	37	Шнеер В. С.	43, 60
Тютерева Е. В.	50	Шпитальная Т. В.	61
Ульянич П. С.	46	Щербаков А. В.	44
Упелник В. П.	58	Щербаков Д. Ю.	32
Фатин С. Н.	44	Юркевич О. Ю.	4, 33, 45
Федорова А. В.	56	Afshar S. E.	51
Феськов С. А.	59	Bilova T.	51
Хазиева Ф. М.	45, 52	Dodueva I.	51
Хао М.	13	Frolov A.	51
Харченко В. Е.	53	Frolova N.	51
Хлопунова Л. Б.	9, 54	Gorbach D.	51
Царев А. П.	55	Ihling C.	51
Царева Р. П.	55	Lukasheva E.	51
Челебиева Э. С.	12	Lutova L.	51
Чурикова О. А.	26	Orlova A.	51
Шабанова Е. А.	31, 55	Sinz A.	51