



Е. В. Спиридович

БОТАНИЧЕСКИЕ КОЛЛЕКЦИИ:

**ДОКУМЕНТИРОВАНИЕ
И БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ
АСПЕКТЫ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**



НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
Центральный ботанический сад

Е. В. Спиридович

БОТАНИЧЕСКИЕ КОЛЛЕКЦИИ:

**ДОКУМЕНТИРОВАНИЕ
И БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ
АСПЕКТЫ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

Минск
«Беларуская навука»
2015

Спиридович, Е. В. Ботанические коллекции: документирование и биотехнологические аспекты использования / Е. В. Спиридович. – Минск : Беларуская навука, 2015. – 226 с. – ISBN 978-985-08-1915-4.

Обобщены данные по биохимическому составу представителей коллекционных фондов Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси, показана перспективность всестороннего изучения генетического разнообразия, представленного в ботанических коллекциях, их биотехнологического использования, в том числе на основе клонального микроразмножения. Проведение документирования и паспортизации ботанических коллекций также является необходимой частью сохранения генофонда. Этот вид работы включает фотодокументирование и описание морфологических параметров с дальнейшей разработкой и использованием биохимических и молекулярно-генетических маркеров. В целом монография содержит современные сведения по биохимическим и биотехнологическим аспектам изучения и сохранения ботанических коллекций.

Предназначена для специалистов в области ботаники, интродукции, физиологии и биохимии растений, биотехнологии, а также студентов вузов биологического профиля.

Табл. 58. Ил. 59. Библиогр.: 321 назв.

Р е ц е н з е н т ы:

академик НАН Беларуси, доктор биологических наук, профессор Н. А. Ламан,
доктор биологических наук, профессор В. М. Юрин

ВВЕДЕНИЕ

Сохранение биологического разнообразия занимает особое место среди глобальных проблем современности. В ее решении усиливается роль ботанических садов как координирующих центров изучения и сохранения биоразнообразия растительного мира, организации кооперативных научных исследований и сотрудничества в этой области. Глобальная и Европейская стратегии сохранения растений (ГССР и ЕССР, доступные в www.plantaeuropa.org), Стратегия ботанических садов как составляющие часть Международной Конвенции о биологическом разнообразии (КБР, 1992) стали координирующими документами по приостановлению усилившегося темпа сокращения разнообразия растений в мире.

Впервые Н. И. Вавиловым была разработана концепция о необходимости контроля и мобилизации мировых растительных ресурсов, планомерной работы по созданию генетических банков растительных ресурсов в разных странах. К настоящему времени в них собраны миллионы образцов, однако до сих пор нет универсальных принципов их отбора [1]. Ботанические сады играют важную роль в осуществлении национальных стратегий, планов и программ сохранения и рационального использования биологического разнообразия. Эффективность сохранения растений *ex situ*, что является одним из самых важных способов сохранения биоразнообразия среди тех, которые доступны ботаническим садам, может быть резко повышена путем создания генетических банков (коллекций) растений в виде генных банков семян, банков *in vitro* и полевых генных банков [2]. Организация таких банков давно начата и проведена в ботанических садах мира и считается необходимым компонентом работ по сохранению биоразнообразия растительного мира. Цель сохранения растений – создать резервный запас, который служит источником растительного материала для последующей реинтродукции в места обитания с нарушенной экологией и пополнения численности популяций в рамках охраны и рационального использования экосистем; для научной и образовательной работы; для практической селекции растительного материала; для питомников, сельского хозяйства, озеленения, лесного хозяйства и т. д. Еще одна функция сохранения заключается в снижении антропогенного воздействия на природные популяции растений, представляющих интерес для ученых, садово-

дов, любителей-флористов и др. Наконец, сохранение *ex situ* делает растения доступными для новых сфер использования [1]. Собранные в ботанических садах генофонды поддерживаются в коллекциях генетических ресурсов, которые постоянно пополняются для использования в будущем в хозяйственной деятельности, в том числе посредством вовлечения в процесс направленной селекции.

Коллекции генетических ресурсов растений ботанических садов являются составной частью государственной системы сохранения и рационального использования биоразнообразия, установления наиболее уникальных генотипов и подразделяются в соответствии со своим предназначением на следующие категории: национальные базовые коллекции, активные рабочие коллекции, дублетные коллекции, генетические коллекции, стержневые коллекции, гербарные коллекции, коллекции меристем, коллекции ДНК и РНК [3, 4].

В коллекционных фондах Центрального ботанического сада НАН Беларуси (ЦБС) объединены более 60 самостоятельных коллекций, которые зарегистрированы в Министерстве природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. Формирование и создание активных репрезентативных коллекций создает предпосылки как для широкого спектра научных исследований, так и для сохранения и расширения биологического разнообразия. Комплексное исследование с применением традиционных, биохимических и биотехнологических подходов позволяет рационально использовать имеющийся в коллекции материал.

Перспективность всестороннего изучения генетического разнообразия, представленного в ботанических коллекциях, несомненна. Используемые методы современной селекции обычно приводят к постепенному сужению генетической изменчивости изучаемых культур, которая создает проблемы в адаптации к биотическим стрессам, устойчивости к фитопатогенам, засухе, засолению, холоду и др. Поэтому изучение генетического разнообразия культур необходимо для того, чтобы в будущем расширить генетический и биохимический потенциал создаваемых сортов. Проведение документирования и паспортизации ботанических коллекций также является необходимой частью селекции и сохранения генофонда. Этот вид работы начинается с фотодокументирования и описания морфологических характеристик с дальнейшей разработкой и использованием биохимических и молекулярно-генетических маркеров на основе полиморфизма вторичных метаболитов, белков и нуклеиновых кислот.

БОТАНИЧЕСКИЕ САДЫ И БИОРАЗНООБРАЗИЕ РАСТЕНИЙ

1.1. Вклад международных организаций и инициатив в сохранение биоразнообразия

Конвенция о биологическом разнообразии (КБР) вступила в силу 29 декабря 1993 г. и в настоящее время ратифицирована более чем 190 странами. КБР была принята в Рио-де-Жанейро и направлена на сохранение биоразнообразия и обеспечение его устойчивого использования, а также на содействие и развитие справедливого и равноправного распределения выгод от использования генетических ресурсов. Сферы КБР охватывают все уровни биоразнообразия, а работа разделена на ряд направлений, одно из которых – Глобальная стратегия сохранения растений (ГССР) [4], имеющая особое значение для ботанических садов. Действительно, именно представители ботанического сообщества во главе с рядом ведущих ученых ботанических садов (Питер Вайс Джексон, Стелла Саймаа, Дейвид Гивен, Дейвид Брамвелл) возглавили разработку ГССР, что обеспечило ее принятие в 2002 г. Опыт ГССР показал, как небольшая группа самоотверженных людей, работая в составе ботанического сообщества, может позитивно влиять на принятие решений на самом высоком уровне. На деле ГССР превратилась в наиболее действующую и интересную часть КБР. Международный совет ботанических садов по охране растений (BGCI) постоянно анализирует результаты использования стратегии в работе с растениями в рамках всеобщего понимания и достижения полного успеха в будущем. В свете глобального изменения климата, которое продолжает изучаться, нужно постоянно прилагать усилия по обеспечению сохранения мира биоразнообразия. С 2010 г. все сады мира независимо от их размера и географического положения призываются к принятию активных мер по сохранению биоразнообразия. КБР предусматривает рамки действий, в которых мероприятия по охране природы, пусть небольшого и локального характера, но проводимые централизованно, явятся залогом реальных глобальных изменений.

В 2010 г. Конференция Сторон Конвенции о биологическом разнообразии, приняла обновленную версию Глобальной стратегии сохранения растений (ГССР) на 2011–2020 гг. Видение Стратегии заключается в том, чтобы остановить продолжающуюся утрату биоразнообразия растений и обеспечить достойное и устойчивое будущее, в котором деятельность человека не нарушает, а поддерживает разнообразие растительной жизни (в том числе устойчивость генетического разнообразия растений, выживание видов растений и их сообществ,

а также связанных с ними мест обитания и экологических ассоциаций); в свою очередь, разнообразие растений поддерживает и улучшает нашу жизнь, делая ее благополучной.

Издавна ботанические сады разработали и пронесли через века традицию обмена, изучения и сохранения растений во всем мире. Они служили местом эстетического отдыха, центрами лекарственных и таксономических исследований, т. е. играли центральную роль в историческом распределении полезных растений по регионам мира и способствовали развитию национальных экономик государств. Теперь, когда количество видов растений во всем мире снижается из-за утраты мест обитания, экспансии инвазивных чужеродных видов, чрезмерной эксплуатации ресурсов, загрязнения окружающей среды и изменения климата, сохранение растительного биоразнообразия становится жизненно важным обоснованием существования имеющихся ботанических садов и разработки проектов создания новых.

Сегодня место каждого ботанического сада зависит от акцента на локальное или глобальное разнообразие растений, вклада в общественное образование и в научные исследования в области ботаники, экологии и садоводства, а также использования новых подходов для устойчивого сохранения и рационального использования растений. Все эти мероприятия, разрабатываемые в рамках Организации Объединенных Наций, КБР, Международной рамочной конвенции, привели к развитию многих новых национальных законов, политики и инициатив во всем мире. Ботанические сады обеспечивают важные связи между исследовательскими институтами, правительственными ведомствами и коммерческими секторами, такими, как садоводческие, пищевые и фармацевтические производства.

Садам, которые обмениваются растительным материалом в этой новой обстановке, требуется хорошее понимание многих, иногда спорных вопросов, возникающих вокруг доступа к генетическим ресурсам и распределения выгод от их использования, в том числе концепции предварительного обоснованного согласия и справедливого и равноправного распределения выгод, хотя во многих случаях страны сами пока не решили, как осуществлять такие вопросы на практике.

Положения КБР по вопросам совместного использования выгод и научно-технического сотрудничества опираются на партнерство и связи между поставщиками и пользователями биоразнообразия. На примере ботанических садов можно увидеть много вдохновляющих примеров успешного партнерства, и эта тенденция должна продолжаться. Сады также должны продемонстрировать государственным органам их жизненно ценный вклад в процесс реализации всех целей КБР. Очень важно, чтобы ботанические сады понимали правовые, социальные и этические последствия этого глобального договора и продолжали свою работу конструктивно и последовательно.

Следует отметить, что нормы КБР достаточно сложны. Для детализации этой работы BGCI издает специальные руководства, чтобы «демистифици-

ровать» КБР и объяснить ее значение для всех организаций, которые связаны с сохранением и использованием природных ресурсов. Существует уже два руководства для ботанических садов, направленных на стимулирование действий по сохранению растений, объяснению международного контекста такой работы. Первое руководство для ботанических садов, опубликованное в 2007 г., разъясняет действия по использованию CITES – Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (Конвенция о международной торговле видами дикой фауны и флоры, находящимися под угрозой исчезновения), чтобы она была полностью эффективной и, следовательно, ни один вид растений не был бы использован вне правил международной торговли [5]. Второе руководство имеет гораздо более широкий объем, его цель – разъяснить ботаническим садам их роль в осуществлении международных договоров по сохранению биоразнообразия. Руководство содержит предложения о том, как ботанические сады могут концентрировать свои работы в рамках КБР и как они могут гарантировать, что их ценную работу признают в качестве вклада в общую цель – снизить угрожающе высокие темпы утраты биоразнообразия [6].

Республика Беларусь является стороной, которая приняла КБР в 1993 г., и проводит большую работу по выполнению ее требований. В 1997 г. Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды совместно с Национальной академией наук Беларуси разработаны и утверждены постановлениями Совета Министров Республики Беларусь Национальная стратегия и План действий по сохранению и устойчивому использованию биологического разнообразия Республики Беларусь. В республике приняты и вступили в действие законы «Об охране окружающей среды», «О растительном мире», «О животном мире», «О безопасности генно-инженерной деятельности», ряд иных нормативных правовых документов, призванных обеспечить правовую и экономическую основу сохранения и устойчивого использования биологического разнообразия. Разработана и утверждена Государственная программа развития особо охраняемых природных территорий (ООПТ), Национальная стратегия развития и управления системой природоохранных территорий и Схема рационального размещения ООПТ до 2015 г., обсуждается Закон о генетических ресурсах [3].

1.2. Что представляет собой ботанический сад в XXI веке?

Начало организации ботанических садов относится к XIV–XVII вв., когда они создавались как живые коллекции медицинских, декоративных и других растений, центры сбора местных и иноземных растений, их описания и изучения систематики. Однако на рубеже XX–XXI вв. традиционная деятельность ботанических садов наполняется новым содержанием: в настоящее время их следует рассматривать как объекты, самым непосредственным образом вовлеченные в дело содержания, изучения и охраны биологического разнообразия. Важность их в этом качестве зафиксирована в Федеральном законе РФ об особо

охраняемых природных территориях [7]. На территории ботанических садов запрещается всякая деятельность, не связанная с выполнением их задач и влекущая за собой нарушение сохранности флористических объектов. Тем не менее зачастую мы сталкиваемся с сохранением взгляда на ботанический сад как на своего рода объект озеленения и недооценкой его роли в сохранении растительного богатства планеты [8].

По некоторым оценкам, значительная часть разнообразия растений приходится на более чем 2800 ботанических садов в 153 странах мира. По данным BGCI, в садах, где все виды и экосистемы, находящиеся под угрозой исчезновения, включены в программы по реинтродукции и репатриации, создается научная и образовательная база для сохранения биоразнообразия [9].

В то время как основные центры биологического разнообразия находятся в тропиках и субтропиках, местоположения ботанических садов показывают, что они расположены в высокоразвитых индустриальных странах и на сравнительно маленьких площадях культивируют тысячи видов со всех концов мира.

И если ранее сады стремились увеличить свои коллекции, например, самыми большими ботаническими садами в Европе являются Королевские ботанические сады (Кью, Великобритания) – 34 тыс. таксонов, Берлин-Далем (Германия) – 20 тыс. таксонов, то сегодня тенденции изменились: сады прежде всего занимаются своей природной флорой.

Согласно позиции BGCI, в глобальном виде миссия ботанических садов в сохранении растений может быть обобщена следующим образом:

- приостановление потерь видов растений и их генетического разнообразия во всем мире;

- концентрация усилий на предотвращение дальнейшей деградации окружающей среды;

- формирование общественного понимания ценности растительного разнообразия и угроз, которым оно подвергается;

- реализация практических мер для сохранения и улучшения состояния окружающей среды;

- пропаганда и обеспечение долгосрочного использования природных ресурсов нынешними и будущими поколениями [10–12].

Эти и другие вопросы обсуждались на 5-м Всемирном конгрессе ботанических садов, который проходил с 11 по 25 октября 2013 г. в Данидине, Новая Зеландия, и предоставил уникальную возможность для сообщества ботанических садов совместно обсудить ключевые вопросы, которые актуальны сегодня, оценить успехи и недостатки Международной программы ботанических садов и Глобальной стратегии сохранения растений (ГССР) в качестве программных документов, регулирующих деятельность ботанических садов [13]. На Конгресс, девизом которого стали слова «Отмечаем успех ботанических садов», приехали почти 500 участников более чем из 40 стран мира. В ходе работы были выделены следующие «горячие точки».

Определение ботанического сада дано BGCI еще в 1998 г. и сформулировано в Международной программе ботанических садов по охране растений:

«Ботаническими садами являются учреждения, имеющие документированные коллекции живых растений и использующие их для целей научных исследований, сохранения, демонстрации и образования» [10]. В последние годы в ряде ботанических садов наблюдается тенденция снижения научно-исследовательской деятельности. Возникает вопрос: может ли называться ботаническим садом учреждение без программы научных исследований, каковы основные критерии, которые отличают ботанические сады от других типов садов? Если принять, что «документированные коллекции» являются одним из ключевых критериев для ботанических садов, то встает вопрос: каковы минимальные научные стандарты для таких документов?

Участие в широких глобальных экологических проблемах. В оказании помощи в достижении целей Глобальной стратегии сохранения растений, Конвенции о биологическом разнообразии широко признана работа ботанических садов. Однако ботанические сады индивидуально или через партнерские отношения помогают решать и другие жизненно важные проблемы, такие, как продовольственная безопасность и изменение климата. Встает вопрос: могут ли ботанические сады сделать больше на основе проведения научных исследований, практических действий и работ в сфере образования для решения таких глобальных проблем, как продовольственная безопасность и изменение климата? Вероятно да, поэтому следует поддерживать научную работу, что будет содействовать успеху ботанических садов на соответствующих глобальных форумах.

Открытость ботанических садов, привлечение общественности в ботанические сады. На международных форумах ботанические сады были подвергнуты критике за работу только с относительно узким сектором общества. Как могут ботанические сады, аналогично музеям, открыть свои ботанические коллекции и повысить доступность и использование коллекции растений для широкой общественности? Некоторые примеры хорошей практики участия общественности в деятельности ботанических садов существуют (например, волонтерские программы). Вопрос: как ботанические сады могут повысить участие всех слоев общества в их работе? Что должно произойти в рамках организации для повышения общественного участия?

Как достигнуть глобальных целей по сохранению растений? Задача 8 ГССР призывает, что по меньшей мере 75% видов растений, находящихся под угрозой исчезновения, должны быть сохранены в генетических банках, коллекциях *ex situ*. На сегодня только 5% из общего числа 380 тыс. видов растений в мире были оценены с использованием категорий и критериев глобального Красного списка МСОП (Global IUCN Red List), в то время как установлено, что каждый пятый вид растений находится под угрозой исчезновения (примерно 76 тыс. видов). Несмотря на прогресс, достигнутый в деле сохранения видов, в программах по *ex situ* консервации и создания генетически репрезентативных коллекций в соответствии с задачей 8, выявление исчезающих видов оказывается более сложной задачей. Вопрос: достаточны ли наши

современные подходы к определению приоритетов для сохранения *ex situ* и в генетически репрезентативных коллекциях? Если нет, то что должно быть сделано и каким образом?

Общение с наукой. Многие ботанические сады во всем мире известны своими достижениями в растениеводстве и других областях. Тем не менее вклад садов в науку редко широко демонстрируется, как и их ценность для общества. Вопрос: как ботанические сады в настоящее время позиционируют свои научные исследования для общественности? Насколько важно для ботанических садов укрепление их потенциала в области науки, налаживания связей с другими научными учреждениями, как может BGCI помочь в этом вопросе?

Базы данных по растительным коллекциям. Очень актуальный вопрос: как мы можем более эффективно обмениваться и пользоваться коллекционными фондами? Следует ли рассматривать вопрос по открытию для широкого доступа баз данных по сохранению растений в ботанических садах, чтобы люди могли видеть и знать, что и где есть в культуре? Многие коллекции уже есть в открытом доступе, но некоторые не придерживаются такой системы. Открытый доступ значительно облегчил бы сотрудничество в области сохранения и изучения растений и уменьшил бы сбор редких видов из дикой природы. К недостаткам можно отнести хищение редких и ценных видов из садов и увеличение нагрузки на персонал сада – кураторов, которые ответственны за коллекционный материал. Положения Нагойского протокола, которые регулируют доступ к генетическим ресурсам и совместные выгоды от их использования, также должны постоянно анализироваться. Вопрос: базы данных растений все же должны быть в открытом доступе, и какими механизмами мы можем оптимизировать этот процесс?

1.3. Современное состояние информационных ресурсов ботанических садов

Одним из приоритетных направлений деятельности BGCI остается развитие эффективных систем обработки информации для регистрации коллекций ботанических садов. База данных BGCI насчитывает более 10 тыс. редких и исчезающих растений, содержащихся в коллекциях ботанических садов. В 1987 г. BGCI выпустил международный переводной формат (ITF) для регистрации коллекций ботанических садов, который позволяет обмениваться данными о коллекциях ботанических садов в электронном формате. ITF быстро стал общепризнанным международным стандартом для баз данных ботанических садов. В 1998 г. была разработана и представлена вторая версия ITF (ITF2). BGCI разработал уникальную компьютерную базу данных по ботаническим садам всего мира, в которой содержится информация обо всех существующих ботанических садах, арборетумах и других организациях, имеющих коллекции живых растений. В базе данных можно найти сведения

о 1800 ботанических садах мира. Примерно 25% садов мира в 2010 г. предоставили BGCI данные о своих коллекциях, отвечающих определенным параметрам [9], вопрос открытости текущей информации по коллекциям в ботанических садах был актуален и в 2013 г. на 5-м Всемирном конгрессе ботанических садов [13].

К настоящему времени в России и Беларуси созданы свои информационные ресурсы для учета и описания ботанических коллекций. Построенные для реализации национальных целей и задач системы имеют свои особенности: ресурсы России более полны данными, методология и аналитические возможности проработаны лучше, ресурсы Беларуси более совершенны в программном обеспечении, лучше проработаны вопросы номенклатуры и таксономии растений. В ресурсах Беларуси наряду с описаниями коллекций присутствуют иллюстрированные описания видов и внутривидовых таксонов (образцов) коллекций.

Информационная система «Ботанические коллекции России и сопредельных государств» доступна в Интернете (<http://garden.karelia.ru/look/index.shtml>). Система содержит адресную информацию о коллекциях и списки растений, сохраняемых в коллекциях, поисковую систему «от названия растения к названию коллекции». Система очень информативна, она содержит данные про 23 тыс. видов и 24 тыс. сортов сосудистых растений. В проекте успешно использованы возможности номенклатурной корректировки данных; оценки таксономического разнообразия коллекционных фондов, в том числе полноты коллекций в сравнении с аналогичными зарубежными коллекциями, для выявления уникальных таксонов в коллекциях различных интродукционных центров; в нем содержатся данные о видах растений, нуждающихся в охранных мероприятиях *ex situ* и представленности их в коллекциях ботанических садов. При выполнении проекта осуществлена значительная организационная работа, направленная на внедрение стандартных средств регистрации коллекций в разных ботанических садах России, разработана стратегия развития информационно-аналитических систем для нужд ботанических садов (1994–1997 гг.) [14].

Информационная система «Ботанические коллекции Беларуси» доступна в Интернете (<http://hbc.bas-net.by>). В проекте используются оригинальные описания коллекций, которые содержат адресную информацию, данные про кураторов, списки образцов коллекций и описания 7 тыс. видов природной и культурной флоры Беларуси. В проекте используются изображения 3 тыс. видов и внутривидовых таксонов. Разработаны следующие поисковые средства:

- по названию растения найти коллекции, в которых оно сохраняется (<http://hbc.bas-net.by/bcb/basesearch.php>);

- от изображения растения перейти к описанию коллекций, в которых оно сохраняется (<http://hbc.bas-net.by/bcb/expon.php>);

- от набора изображений растений разных семейств, родов, видов и внутривидовых таксонов через описание видов и внутривидовых таксонов перейти

к списку коллекций, где растения сохраняются (<http://hbc.bas-net.by/plantae/iconographia.php>);

по названию коллекции перейти к описанию коллекции и списку растений, которые в ней сохраняются;

по фамилии куратора перейти к описанию созданных им коллекций.

При объединении методологических подходов к описанию ботанических коллекций и образцов в них возможно создание общей информационной системы, содержащей следующие информационные блоки: современные списки коллекций, описания коллекций, описания видов и внутривидовых таксонов; историю видов и внутривидовых таксонов при интродукции в регионы России и Беларуси. Портал поможет обеспечить актуальность и общедоступность сведений об имеющихся коллекциях; создать систему оценки, мониторинга, биобезопасности и инвентаризации находящихся в коллекциях образцов; изучить пространственное распределение коллекционных фондов ботанических садов; оценить полноту коллекций относительно природных флор естественных регионов; разработать систему оценки частоты встречаемости видов и внутривидовых таксонов интродуцированных растений на культивируемых ареалах Восточной Европы.

1.4. Генетическое и видовое разнообразие растений в ботанических садах

В последнее десятилетие многие крупные специалисты установили, что число видов цветковых растений равно примерно 380 тыс., однако недавние исследования дали гораздо большие результаты. В одной из работ Дейвида Брэмвелла, директора Канарского ботанического сада «Виера и Клавихо» в Лас-Пальмасе (Канарские острова), это число оценивается приблизительно в 422 тыс. Даже это большое число может не отражать действительное разнообразие видов, поскольку в него не входят неописанные виды, количество которых может достигать 50 тыс.

Все растения, появившиеся благодаря перекрестному опылению со случайной рекомбинацией генов, которая возникает во время размножения половым путем, являются уникальными на генетическом уровне. Концепция биоразнообразия также включает в себя эти генетические различия между представителями одного и того же вида. Число генов у резушки Таля (*Arabidopsis thaliana*) – небольшого растения, которое используется во всем мире в лабораторных исследованиях генетики растений, – примерно равно 25,5 тыс., т. е. близко к общему числу генов в геноме человека (около 32 тыс. генов). Генетическое разнообразие видов является мерой как числа генов, имеющих у какого бы то ни было индивидуума, так и числа вариантов генов (или аллелей), существующих внутри вида. Если у каждого гена имеется даже маленькое количество аллелей или различных форм, число потенциальных генетических комбинаций оказывается поистине огромным. Запас разнообразия позволяет видам

приспосабливаться к изменяющимся условиям окружающей среды. Это материал, с которым работает эволюция, создавая новые виды.

«Горячие точки» биоразнообразия. В 1988 г. британский эколог Норман Майерс опубликовал статью, в которой предложил устанавливать международные природоохранные приоритеты на основе «горячих точек» – территорий с исключительно высоким видовым богатством и эндемизмом, которые находятся под угрозой исчезновения. Майерс выделил поначалу десять таких «точек» – все они находятся в районах тропических лесов, но вскоре были обнаружены другие «горячие точки»: по всему миру их 14.

В 1998 г. организация по охране окружающей среды Conservation International (Международная охрана природы) опубликовала работу под названием «Мегаразнообразие: самые биологически богатые страны Земли», определившую 17 стран, в которых представлено больше 2/3 мирового разнообразия. Повторим снова, что самым главным критерием для присвоения статуса «мега-разнообразный» был эндемизм растений.

Позднее Conservation International выделила 25 «горячих точек», занимающих в целом менее 2% суши, в которых представлено 44% всех видов сосудистых растений. Пятнадцать из этих «горячих точек» – тропические леса, а пять относятся к средиземноморским климатическим зонам; почти все тропические острова попадают в одну из этих «горячих точек». Тропические Анды – самая богатая «горячая точка» как с точки зрения растительного разнообразия (45 тыс. видов), так и с позиции эндемизма растений (здесь произрастает 20 тыс. видов, которые не встречаются больше нигде на планете). Всемирный фонд охраны дикой природы также опубликовал список «горячих точек» всей планеты, который был назван «200 приоритетных экорегионов мира» («Global 200»).

В ботанических садах должны четко соблюдаться биологические принципы и способы сохранения природного биоразнообразия. Прежде всего, это организменный принцип, при котором объектом сохранения, как правило, является один организм – элементарная единица жизни, являющаяся носителем наследственной информации о главных свойствах и признаках вида, а не популяция или экосистема, т. е. основными задачами являются сохранение растений и обеспечение их воспроизводства и сохранение генотипов в условиях *ex situ*. Следует отметить, что содержание и разведение организмов в питомниках, ботанических садах может происходить как естественным, так и искусственным путями. Например, хранение генетических материалов в низкотемпературных генетических банках, в банках клеточных и тканевых культур, а также в банках семян.

Введение видов в культуру, или интродукция, – основная задача всех ботанических садов, причем это касается в первую очередь видов, численность которых сокращается из-за их неумеренной эксплуатации. Однако этот подход позволяет сохранить лишь часть генетического разнообразия природных популяций. В генетических банках, различных питомниках, ботанических садах могут быть сохранены только отдельные организмы (их генотипы) или их

небольшие группы. Генетическое разнообразие даже очень многочисленных популяций, восстановленных из сохранных в неволе или в криобанках организмов, будет основано лишь на тех генах, которыми обладали особи-основатели. Кроме того, при долговременной интродукции в малочисленных группах нарушаются генетические процессы, свойственные природным популяциям, происходит сокращение генетического разнообразия. Введение видов в культуру также не может сохранить в полной мере генофонд природных популяций и видов, поскольку при доместификации неизбежны существенные изменения.

Современное биологическое разнообразие подразумевает не только сохранение организмов и видов, но также сохранение и охрану комплексных естественных систем, т. е. сегодня мы говорим о генетическом, видовом, популяционном, ландшафтном и других уровнях сохранения биоразнообразия.

Между тем ботанические сады, питомники и садоводческие фирмы постоянно вводят в культуру как новые дикорастущие виды, так и виды, успешно культивируемые в других регионах, тем самым приводя в действие пусковой механизм микроэволюции. Как правило, интродукция растений – процесс, многократно повторяющийся; он дублируется чаще всего в разных точках континентов или стран. Что же происходит после введения вида в культуру? Лишь благодаря действиям человека большинство интродуцированных растений произрастают в ботанических садах. Однако некоторая часть видов начинает размножаться самосевом, и половина из этой части достигает стадии натурализации, т. е. «сбегает из культуры» в естественные ценозы. Таким образом, ботанические сады являются как бы резервуарами, которые подпитывают естественные ценозы новыми видами, а конкретные флоры постоянно обогащают «сбежавшими экспонатами» [15], иногда инвазионными.

При изучении истории интродукции широко распространенных в России растений установлено, что все из исследованных однолетних видов являются «беженцами» из ботанических садов. Так, мелколепестник канадский (*Conyza canadensis*) в 1646 г. был завезен в ботанический сад Нюрнберга как редкое заморское растение. В XVIII в. он был обнаружен в Южной Германии уже в качестве адвентивного вида. Эхиноцистис шиповатый (*Echinocystis lobata*) «сбежал» из ботанического сада в Румынии в 1904 г. За пределы ботанического сада Потсдама в 1896 г. «сбежал» североамериканский вид – череда олиственная (*Bidens frondosa*). Недотрогу мелкоцветковую (*Impatiens parviflora*) в конце XIX в. выращивали в ботанических садах Львова, Санкт-Петербурга, Тарту, Риги и Пярну, откуда и произошло ее дальнейшее распространение. Ромашка душистая (*Chamomilla suaveolens*) «сбегала» дважды: из ботанического сада Гельсингфорса (Финляндия) в 1849 г. и из Краковского ботанического сада в 1886 г. Южноамериканскую галинзогу мелкоцветковую (*Galinsoga parviflora*) культивировали в 1785 г. в Парижском ботаническом саду, откуда и ведут свое происхождение большинство европейских популяций этого вида. Перечень беглецов можно пополнить и такими широко распространенными видами, как амарант запрокинутый (*Amaranthus retroflexus*), вероника

ОГЛАВЛЕНИЕ

Условные обозначения	3
Введение.....	5
Глава 1. Ботанические сады и биоразнообразие растений.....	7
1.1. Вклад международных организаций и инициатив в сохранение биоразнообразия ...	7
1.2. Что представляет собой ботанический сад в XXI веке?.....	9
1.3. Современное состояние информационных ресурсов ботанических садов.....	12
1.4. Генетическое и видовое разнообразие растений в ботанических садах	14
Глава 2. Генетическое биоразнообразие и паспортизация растений	19
2.1. Типы маркеров.....	21
2.2. Молекулярные маркеры для паспортизации биологических объектов	22
2.3. Биохимические маркеры.....	22
2.4. Маркеры на основе вторичных метаболитов.....	23
2.4.1. Скрининг растений на БАВ	24
2.4.2. Выбор химических маркеров	27
2.5. Белковые маркеры.....	28
2.6. Молекулярные маркеры на основе нуклеиновых кислот.....	29
2.7. Банки ДНК	36
Глава 3. Документирование хозяйственно ценных коллекций Центрального ботанического сада.....	38
3.1. Коллекции голубики высокой (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	41
3.1.1. Систематика, распространение, краткая ботаническая характеристика	41
3.1.2. Скрининг сортов голубики высокой по содержанию антоцианов в зрелых плодах	43
3.1.3. Скрининг сортов голубики высокой и голубики топяной по активности антиоксидантной системы в зеленых и зрелых плодах	45
3.1.4. Содержание фенольных соединений в плодах голубики высокой при СВЧ и лиофильной сушках.....	47
3.1.5. Молекулярно-генетический анализ и паспортизация сортов голубики высокой	51
3.2. Ботаническая коллекция рода сосна (<i>Pinus</i> L.)	57
3.2.1. Систематика, распространение	57
3.2.2. Сравнительная характеристика состава эфирных масел сосен и некоторых других хвойных растений.....	58
3.2.3. Отличительная характеристика эфирных масел сосен при интродукции в Беларусь.....	65

3.2.4. Исследование циркурицидных свойств эфирных масел хвойных растений	66
3.2.5. Молекулярно-генетический анализ и паспортизация представителей ботанической коллекции рода <i>Pinus</i>	69
3.3. Ботаническая коллекция облепихи крушиновидной (<i>Hippophae rhamnoides</i> L.)	77
3.3.1. Систематика, распространение и краткая ботаническая характеристика	77
3.3.2. Идентификация сортовой принадлежности облепихи на основании данных жирнокислотного анализа	78
3.3.3. Молекулярно-генетический анализ и паспортизация коллекционных образцов облепихи крушиновидной.....	87
Глава 4. Растительная биотехнология – способ рационального использования растений.....	93
4.1. Биотехнологии для создания, изучения и рационального использования ботанических коллекций.....	95
4.2. Биотехнологические коллекции растительных объектов.....	96
4.3. Использование биотехнологических методов для облегчения селекционного процесса и создания новых форм	99
4.4. Быстрое и эффективное размножение ценных генотипов (клональное микро-размножение).....	105
4.5. Использование лекарственных растений для получения БАВ	106
4.6. Паспортизация и молекулярная диагностика лекарственных растительных ресурсов	109
4.7. Биотехнологии получения БАВ растительного происхождения.....	112
4.8. Биотехнологическая ботаническая коллекция Центрального ботанического сада НАН Беларуси	118
4.9. Род расторопши <i>Silybum</i> Adans. в коллекции Центрального ботанического сада НАН Беларуси	120
4.9.1. Систематика, краткая ботаническая характеристика, распространение.....	120
4.9.2. Биохимический состав расторопши пятнистой (<i>Silybum marianum</i> L.).....	121
4.9.3. Биологическая активность расторопши пятнистой (<i>Silybum marianum</i> L.).	123
4.9.4. Определение флаволигнанов в плодах расторопши пятнистой (<i>Silybum marianum</i> L.).....	124
4.9.5. Биотехнологические методы получения БАВ из расторопши пятнистой...	129
4.9.6. Разработка методов культивирования в культуре <i>in vitro</i> расторопши пятнистой (<i>Silybum marianum</i> L.) в Центральном ботаническом саду НАН Беларуси	131
4.9.7. Разработка методов получения клеточных культур расторопши пятнистой (<i>Silybum marianum</i> L.) с повышенным синтезом вторичных метаболитов...	133
4.9.8. Оценка уровня генетического разнообразия и составление молекулярно-генетических паспортов сортов расторопши пятнистой (<i>Silybum marianum</i> L.) в Центральном ботаническом саду НАН Беларуси.....	137
4.10. Род агасташ <i>Agastache</i> Clayt. ex Gronov. в коллекции Центрального ботанического сада НАН Беларуси	142
4.10.1. Систематика, краткая ботаническая характеристика, распространение...	142
4.10.2. Биохимический состав многоколосника морщинистого (<i>Agastache rugosa</i> (Fisch. et C. A. Mey.) Kuntze)	143
4.10.3. Компонентный состав эфирного масла многоколосника морщинистого (<i>Agastache rugosa</i> (Fisch. et C. A. Mey.) Kuntze) коллекции Центрального ботанического сада	145
4.10.4. Влияние различных факторов на компонентный состав эфирного масла многоколосника морщинистого (<i>Agastache rugosa</i> (Fisch. et C. A. Mey.) Kuntze) ...	147
4.10.5. Исследование оптической активности эфирного масла многоколосника морщинистого (<i>Agastache rugosa</i> (Fisch. et C. A. Mey.) Kuntze)	151

4.10.6. Выделение R-лимонена из эфирного масла <i>Agastache rugosa</i>	154
4.10.7. Изучение многоколосника морщинистого (<i>Agastache rugosa</i> (Fisch. et C. A. Mey.) Kuntze) методом ЯМР спектроскопии	156
4.10.8. Вторичные метаболиты многоколосника морщинистого (<i>Agastache rugosa</i> (Fisch. et C. A. Mey.) Kuntze) в культуре <i>in vitro</i>	162
4.10.9. Молекулярно-генетический анализ многоколосника морщинистого (<i>Agastache rugosa</i> (Fisch. et C. A. Mey.) Kuntze) в культуре <i>in vitro</i>	165
4.11. Род сирень <i>Syringa</i> L. в коллекции Центрального ботанического сада НАН Беларуси++.....	169
4.11.1. Систематика и ботаническая характеристика.....	169
4.11.2. Исследование биологически активных соединений у представителей рода сирень (<i>Syringa</i> L.).....	174
4.11.3. Биотехнологическая коллекция рода <i>Syringa</i> L. в Центральном ботаническом саду НАН Беларуси	181
4.11.4. Оптимизация условий микроклонального размножения <i>Syringa vulgaris</i> L. в Центральном ботаническом саду НАН Беларуси	182
4.11.5. Генетическая паспортизация коллекции рода сирень Центрального ботанического сада НАН Беларуси	194
Заключение	205
Литература	208

Научное издание

Спиридович Елена Владимировна

**БОТАНИЧЕСКИЕ КОЛЛЕКЦИИ:
ДОКУМЕНТИРОВАНИЕ И БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ
АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

Редакторы *А. А. Баранова, И. А. Старостина*

Художественный редактор *Д. А. Комлев*

Технический редактор *О. А. Толстая*

Компьютерная верстка *Л. И. Кудерко*

Подписано в печать 10.11.2015. Формат 70 × 100¹/₁₆. Бумага офсетная.
Печать цифровая. Усл. печ. л. 18,53+0,49 вкл. Уч.-изд. л. 17,0. Тираж 150 экз. Заказ 207.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Республиканское унитарное предприятие «Издательский дом
«Беларуская навука». Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий

№ 1/18 от 02.08.2013. Ул. Ф. Скорины, 40, 220141, г. Минск.

ISBN 978-985-08-1915-4



9 789850 819154