

УДК 582:581(082)  
ББК 28.59я43  
И73

**Редакционная коллегия:**

д.б.н., чл.-корр. НАН Беларуси *В. В. Титок* (ответственный редактор),  
к.б.н. *П. Н. Белый*; к.б.н. *И. М. Гаранович*; д.б.н. *Н. В. Гетко*;  
к.б.н. *Л. А. Головченко*; *С. М. Кузьменкова*; д.б.н. *Е. Н. Кутас*;  
к.б.н. *Н. М. Лунина*; к.б.н. *О. В. Чижик*; к.б.н. *А. П. Яковлев*

**Рецензенты:**

доктор биологических наук, Ботанический институт  
имени В. Л. Комарова Российской академии наук *К. Г. Ткаченко*;  
кандидат биологических наук, Институт экспериментальной  
ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси  
*А. В. Пугачевский*

**Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия флоры** : материалы международной научной конференции, посвященной 90-летию Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси (Минск, 28 июня – 1 июля 2022 г.). В 2 ч. Ч. 2 / Нац. акад. наук Беларуси [и др.]. редкол.: В.В. Титок [и др.] – Минск : Белтаможсервис, 2022. – 420 с.

ISBN 978-985-7004-75-1

В сборнике представлены материалы международной научной конференции, посвященной 90-летию Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси. Часть 2: секция 3 «Биотехнологические и молекулярно-генетические аспекты изучения и использования биоразнообразия растений», секция 4 «Решение вопросов защиты растений в ботанических садах», секция 5 «Научное, прикладное и просветительское значение ботанических коллекций» и секция 6 «Современные направления ландшафтного дизайна и зеленого строительства».

УДК 582:581(082)  
ББК 28.59я43

ISBN 978-985-7004-75-1 (ч. 2)  
ISBN 978-985-7004-72-0

© ГНУ «Центральный ботанический сад  
Национальной академии наук Беларуси», 2022  
© Оформление. РУП «Белтаможсервис», 2022

## НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОЛЛЕКЦИЙ

**Спиридович Е. В., Решетников В. Н.**

Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси, Минск, 220012,  
ул. Сурганова, 2В, Беларусь, A.spirydovich@gmail.com

**Резюме.** Приведена характеристика растительных биотехнологий, разрабатываемых в Государственном научном учреждении «Центральный ботанический сад НАН Беларуси». Основное внимание уделено биотехнологиям, которые направлены на создание коллекций для сохранения и рационального использования биоразнообразия растений, создания новых форм, разработке технологий быстрого и эффективного размножения ценных генотипов (клональное микроразмножение), а также возможностям обеспечения медицины возобновляемым растительным сырьем и биологически активными веществами (БАВ) растительного происхождения.

## PRESENT AND FUTURE OF BIOTECHNOLOGICAL COLLECTIONS

**Spiridovich E. V., Reshetnikov V. N.**

**Summary.** The characteristics of plant biotechnologies developed at the State Scientific Institution «Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus» (CBS of the National Academy of Sciences of Belarus) are given. The main attention is paid to biotechnologies, which are aimed at creating collections for the conservation and rational use of plant biodiversity, creating new forms, developing technologies for the rapid and efficient reproduction of valuable genotypes, as well as the possibilities of providing medicine with renewable plant materials and biologically active substances (BAS) of plant origin.

Биологические коллекции являются важнейшим компонентом научной инфраструктуры любого государства по всему миру. Они продвигают научные открытия и инновации, обогащают образование, объединяют сообщества природы и наука, а также сохраняют биологического наследия Земли, являются естественной историей и живым составом нашей нации. Деятельность Государственного научного учреждения «Центральный ботанический сад НАН Беларуси» (ЦБС НАН Беларуси) направлена на разработку теоретических основ и общих вопросов интродукции, акклиматизации растений: анализ флор и мобилизации растительных ресурсов Беларуси и зарубежных стран; первичная оценка новых растений; изучение изменчивости растений в природе и под влиянием переноса из природы в культуру; разработка приемов выращивания. Основой научных работ в этом направлении является сохранение генофонда растений интродукционной и природной флоры Республики в условиях *ex situ* – вне естественных местообитаний; выявление в природе и изучение редких и исчезающих видов растений; разработка приемов культивирования с последующей реинтродукцией или реставрацией популяций редких видов в природные фитоценозы; формирование коллекций; сохранение таксонов растений в полевых коллекциях, банке семян, биотехнологических коллекциях.

В последние годы широкое применение нашли растительные биотехнологии, отличительной чертой которых является использование растительных объектов *in vitro*: стерильные пробирочные растения, культуры органов, тканей или клеток растений, а также изолированные протопласты. Растительные биотехнологии разделяют на технологии, используемые для глобальных (экологических) целей, растениеводческие и промышленные растительные биотехнологии [1–6].

**Биотехнологические коллекции растительных объектов** представляют большую ценность не только для экологических целей (сохранения видов), но и имеют большое экономическое значение. Существуют два принципиально различных подхода к биотехнологическим коллекциям растительных объектов. Если важно сохранить уникальные генотипы (ценные сорта или разновидности растений), то нельзя допускать образования популяций клеток *in vitro*, т. е. возникновения каллусных культур (иначе за счет соматклональной вариабельности, могут потеряться ценные свойства сорта). В этом случае в качестве объектов хранения можно использовать пробирочные

растения, органы или ткани растений. При необходимости сохранения не конкретного генотипа, а генофонда вида возможно в качестве объектов хранения использовать морфогенные или эмбриогенные культур клеток.

ЦБС НАН Беларуси имеет Свидетельство Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь на коллекцию асептических культур хозяйственно-полезных растений. В состав коллекции включены многие хозяйственно-ценные растения, в т. числе и лекарственные: многоколосник морщинистый (*Agastache rugosa*), кадило сарматское (*Melitis sarmatica*), наперстянки (*Digitalis purpurea*, *D. lanata*, *D. grandiflora*), рута душистая (*Ruta graveolens* L.), шлемник байкальский (*Scutellaria baicalensis* Georgi), синюха голубая (*Polemonium coeruleum* L.), шалфей лекарственный (*Salvia officinalis* L.), воробейник лекарственный (*Lithospermum officinale* L.), зверобой кустарниковый (*Hypericum patulum* Hidcote), полынь беловойлочная (*Artemisia hololeuca*), расторопша пятнистая (*Silybum marianum*); виды и сорта сирени (*Syringa* L.), рододендрона (*Rhododendron* L.), голубики (*Vaccinium corymbosum* L.), пальчатокоренника (*Dactylorhiza* Neck.). В целом коллекция представлена 242 таксонами из 26 семейств цветковых растений. Видовой состав асептической коллекции представлен 90 видами природной флоры и 160 культурными сортами и гибридами. В 2015 г. из коллекции асептических культур выделена коллекция *in vitro* редких и эндемичных видов растений дикорастущей флоры Беларуси и России. Коллекции созданы на основе природных источников и существующих коллекций *in vitro* стран ЕврАзЭС. В основе разработки коллекции лежит принцип максимального охвата генетического разнообразия (ГР) для каждого изучаемого таксона [7]. Коллекции *in vitro* постоянно пополняется сотрудниками, регулярно участвующими в экспедициях на территории Республики Беларусь для отбора материала из природных популяций. За последние 5 лет исследовано более 30 локальных популяций редких видов растений и собран растительный материал. Пополнение образцов идет и за счет обмена материалом между ботаническими садами, что преследует цель снизить риск их исчезновения из-за поддержания в ограниченном списке учреждений или коллекций. Всего в состав коллекции асептических культур редких и эндемичных видов на сегодняшний момент входит 38 образцов асептических культур, их них 13 – занесенных в Красную Книгу РБ и 9 из списка профилактической охраны РБ (рис. 1.).



Рис. 1. Редкие виды в асептической коллекции (слева направо: *Dioscorea caucasica*, *Rhododendron dauricum*, *Lilium caucasicum*, *Lilium distichum*)

Часто проводят депонирование образцов в коллекциях, что осуществляется путем помещения растительного материала в условия, тормозящие рост, деление и метаболизм его клеток, это позволяет реже менять питательные среды и потому существенно сокращать затраты на содержание коллекций вегетативно размножаемых растений. Этот приём, широко используется во всём мире, поскольку позволяет эффективно сохранять практически все клоны и сорта ценных лекарственных, плодовых, ягодных, декоративных и культур.

В ЦБС НАН Беларуси депонируются прежде всего образцы коллекции *in vitro* редких и эндемичных видов растений дикорастущей флоры Беларуси и России. Так, например, для двух видов растений – хризантемы Завадского (*Chrysanthemum zawadskii* Herbach) и витекса священного (*Vitex agnus-castus* L.)

были разработаны оптимальные режимы депонирования: среда MS + 0, 30 г/л хлорхолинхлорида. Условия культивирования: температура  $25 \pm 2$  °С, освещенность – 3000 лк, фотопериод – 16 часов. Режим депонирования при пониженных температурах является менее благоприятным для данных растений.

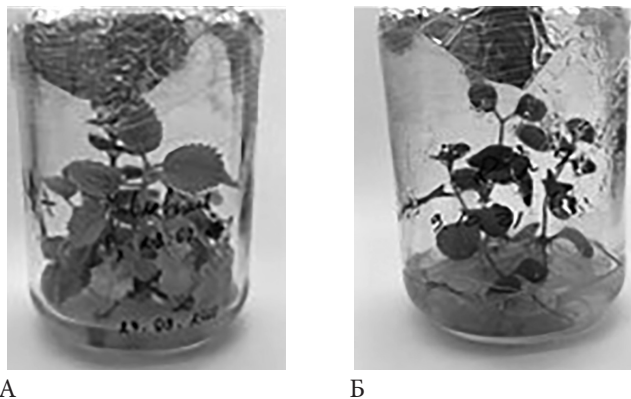
Для снижения затрат на долговременное содержание коллекций ценного растительного материала, в том числе и культивируемого *in vitro*, и для уменьшения вероятности потерь ценных образцов в настоящее время в странах – членах FAO, в том числе и в Российской Федерации, широко используют криосохранение. В настоящее время разработаны методы криосохранения для более 200 видов растений: неортодоксальных семян и тканей, культивируемых *in vitro* [2, 3].

**Использование биотехнологических методов для создания новых форм.** Уникальным и эффективным способом повышения генетического разнообразия является использование соматональной вариабельности, наряду с андрогенезом, гиногенезом, эмбриокультурой. Известно, что культивирование клеток растений *in vitro* способно вызывать не меньшие перестройки генома, чем использование химических мутагенов или различных видов излучений. Возникшие в культивируемых клетках мутации сохраняются у регенерированных из этих клеток растений. Для увеличения степени генетического разнообразия можно дополнительно использовать индуцированный мутагенез. Однако этот прием, как и соматональная изменчивость не является направленной, и большая часть возникающих в процессе культивирования вариаций не имеет практического значения. Все же среди соматоклонов (измененных растений-регенерантов) можно отобрать индивиды с полезными признаками. Например, из соматоклонов сахарного тростника были отобраны растения, устойчивые к вирусу Фиджи, желтой пятнистости и ложной мучнистой росе. В Венгрии выделены соматоклоны пшеницы, обладающие повышенной холодостойкостью. Соматоклоны лекарственных растений с повышенным биосинтезом БАВ получены на Украине [1]. В ЦБС НАН Беларуси, Отделе биохимии и биотехнологии растений разработана биотехнологическая схема клеточной селекции многоколосника морщинистого (*Agastache rugosa* (Fisch. et Mey.) Kuntze), с целью получения соматональных генотипов с повышенным содержанием биологически активных веществ [8]. Кроме того, определены изменения в направленности и интенсивности накопления биологически активных вторичных метаболитов в каллусах, клеточных и культурах органов (*harri roots*), полученных из других лекарственных растений аборигенной и интродуцированной флоры сем. сложноцветные (Compositae) и губоцветные (Labiatae) в качестве перспективных биотехнологических продуцентов целевых веществ. Теоретически обоснована и в эксперименте подтверждена возможность получения целевого продукта (флаволигнанов и др. веществ фенольной природы) в условиях культуры клеток и органов растений в количестве, превышающем его содержание в исходных маточных растениях, что достигается, кроме выбора экспланта и состава среды культивирования, использованием элиситоров, в числе которых являются наночастицы металлов и селена, а также воздействием низкочастотного электромагнитного излучения.

**Быстрое и эффективное размножение ценных генотипов (клональное микроразмножение).** После отбора удачных генотипов встает проблема их сохранения и активного размножения. На основании изучения экспериментального морфогенеза *in vitro* создана технология клонального микроразмножения растений, которая стала успешной коммерческой областью сельского хозяйства. Метод клонального микроразмножения широко используется для получения большого количества посадочного материала у лекарственных, декоративных, плодовых и овощных культур. Он представляет собой превосходный способ вегетативного размножения ценных гибридных растений, позволяющий сохранить эффект гетерозиса [8].

В ЦБС НАН Беларуси из декоративных растений в культуру *in vitro* введены и используется для микронального размножения 67 сортов и видов рода сирень (*Syringa* L.), более 40 сортов рода вакциниум (*Vaccinium* L.), 12 сортов рода рододендрон (*Rhododendron* L.). Постоянно пополняется сортовой состав родов гербера (*Gerbera* L.), гладиолус (*Gladiolus* L.), гейхера (*Heuchera* L.), спирея (*Spiraea* L.), климатис (*Clematis* L.), хризантема (*Chrysanthemum* L.), пион (*Paeonia* L.) и др. Показана перспективность сохранения в культуре *in vitro* 3 видов хозяйственно ценных

древесно-кустарниковых культур: дереза русская (*Lucium ruthenicum* Murr.), павловния войлочная, или адамово дерево войлочное, императорское дерево (*Paulownia tomentosa*), лекарственного эндемика родиолы розовой (*Rhodiola rosea*). Для каждого сорта или вида растений оптимизированы состав питательных сред на стадии культивирования экспланта, условий микроразмножения, укоренения и адаптации регенерантов (рис. 2).



А Б  
Рис. 2. Растения павловнии войлочной (*Paulownia tomentosa*) А и родиолы розовой (*Rhodiola rosea*) Б в культуре *in vitro*

Получение посадочного материала форм растений на основе клонального микроразмножения доведено до стадии создания промышленных партий: голубики высокорослой (*Vaccinium corymbosum* L.), брусники обыкновенной (*Vaccinium vitis-idaea* L.), клюквы крупноплодной (*Oxycoccus macrocarpus* Pers), сирени обыкновенной (*Syringa vulgaris* L.) (рис. 3) для целей закладки крупных плантаций; средней серии продукции (рододендрон гибридный, чубушник, тополь гибридный,) для озеленения. Малые партии микрочнольно размноженных редких видов используются для мероприятий по реинтродукции и реставрации популяций на особо охраняемых природных территориях: бубенчик лилиелистный (*Adenophora liliifolia* (L.) A.DC.) – в Споровском заказнике; астранция крупная (*Astrantia major* L.) – в ГПУ «Беловежская пуца» и экологическом центре Слонимского лесхоза; бодяк серый (*Cirsium canum* (L.) All.) – в Климовичском лесхозе; цинна широколистная (*Cinna latifolia* (Trev.) Griseb.) – в республиканском ландшафтнй заказнике «Красный бор»; горечавка крестообразная (*Gentiana cruciata* L.) – в Национальном парке «Нарочанский» и др.



Рис. 3. Исходный сорт сирени обыкновенной, культивируемые асептические растения сирени, готовые для микрочеренкования, процесс адаптации растений-регенерантов

Новацией ЦБС НАН Беларуси является разработка конструкций вертикального озеленения. Перспективность вертикального озеленения в условиях урбанизированной среды не вызывает сомнений, поэтому данная технология как целиком, так и ее отдельные элементы, могут быть

широко использованы при озеленении вновь построенных производственных, общественных и частных зданий как внутри, так и снаружи. Подбирается расширенный ассортимент растений популярных оранжерейных и комнатных растений, прошли испытания представители родов гейхера (*Heuchera* L.), колеус (*Coleus* Lour), пеларгония (*Pelargonium* L'Her. ex Ait). Для каждого нового вида разрабатываются биотехнологические методы для масштабного использования в вертикальном озеленении в условиях Беларуси (рис. 4) [8].

В ЦБС разработана общая платформа документации по созданию, поддержанию и использованию биотехнологических коллекций: протоколы сохранения генетических ресурсов при низких температурах в банках растений *in vitro*; протоколы культивирования растительных клеток и тканей для производства биологически активных соединений; протоколы для оценки параметров ГР природных популяций охраняемой природной флоры для включения в генобанк, протоколы для клонального микроразмножения растений и получения высококачественного сортового материала [9].



Рис. 4. Гейхера в асептической культуре и в композиции вертикального озеленения

С 2018 г. разрабатывается новое и актуальное для Беларуси направление, реализуемое в рамках проекта «Разработать концепцию и технологический регламент формирования устойчивых придорожных растительных сообществ высокой эстетической и ботанической ценности на модельных объектах особо охраняемых территорий» в рамках ОНТП «Интродукция, озеленение и экобезопасность». Разработанная концепция и технологический регламент формирования устойчивых придорожных растительных сообществ высокой эстетической и ботанической ценности, реализованные при закладке ключевых участков озеленения придорожной полосы с нарушенным почвенным покровом, наряду с мероприятиями по благоустройству придорожных полос, предлагаются для демонстрации разнообразия местной флоры и возможностей ее использования в современных технологиях озеленения (с упором на эстетическое восприятие участка) в пределах рекреационных зон. Материал для озеленения нарабатывается биотехнологическими способами [10].

**Биотехнологии получения БАВ растительного происхождения.** Использование растений, как источника БАВ растительного происхождения, к настоящему времени значительно возрастает. Культура клеток высших растений может служить альтернативным способом получения растительного сырья для медицины, ветеринарии, парфюмерии и пищевой промышленности. Суть его состоит в получении биомассы культуры клеток растений в стерильных условиях в биореакторах большого объема. Преимущества такого использования культур клеток достаточно ощутимы. Это: практически абсолютная экологическая чистота процесса выращивания культуры клеток; гарантированное получение растительной биомассы с заданными характеристиками независимо от сезона, климатических и погодных условий; высокие скорости получения биомассы – до 2 граммов сухой биомассы с литра среды за сутки (для сравнения: прирост корня женьшеня на плантации – 1–2 грамма в год); гарантированное отсутствие в биомассе пестицидов, гербицидов, радиоактивных соединений и других

поллютантов; возможность использования для получения биомассы стандартного оборудования микробиологических производств (биореакторов, постферментационных систем и др.) [4, 9].

В ряде случаев биомасса клеток *in vitro* превосходит по свойствам природное или плантационное растение. Культура клеток оказывается незаменимой в случае использования редких, исчезающих или тропических видов лекарственных растений. Так, в ЦБС НАН Беларуси получены каллусные и суспензионные линии расторопши красноцветкового сорта Золушка и белоцветкового сортообразца и установлены их физиолого-биохимические характеристики. Подобраны модификаторы метаболизма, определены белки-маркеры и изучен антиоксидантный потенциал. Получены суспензионные культуры, демонстрирующие высокую продуктивность по биомассе и содержанию вторичных метаболитов с выраженной антиоксидантной активностью [11].

Таким образом, в практике создания, поддержания и использования биотехнологических коллекций в ЦБС НАН Беларуси существуют следующие направления, связанные с их практическим использованием: сохранение генетических ресурсов путем создания асептических коллекций и банков депонирования растительного материала *in vitro*; клональное микроразмножение растений для быстрого размножения селекционных достижений и производства высококачественного посадочного материала; использование культуры растительных клеток и тканей как суперпродуктов биологически активных веществ.

### Список литературы

1. Решетников В. Н., Спиридович Е. В., Носов А. М. Биотехнология растений и перспективы ее развития. Физиология растений и генетика, 2014, Т. 46, № 1. – С. 3–18.
2. Kumar S. S., Aruna M. C., Giridhar P. The Role of Plant Tissue Culture and Biotechnology. In: Plant Tissue Culture: Propagation, Conservation and Crop Improvement. Springer Science Business Media Singapore, 2016, – 267 p.
3. Engelmann, F. Use of biotechnologies for the conservation of plant biodiversity. In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant. 2011, № 47, –P. 5–16.
4. Демидчик В. В., Черныш М. А., Дитченко Т. И., Спиридович Е. В., Пржевальская Д. А., Падутов В. Е. Микроразмножение растений. Наука и инновации. 2019, № 6 (196), – С. 4–11.
5. Кунах В. А. Біотэхналогія лікарскіх раслін. Генетычны та фізіялогія-біяхімічны асновы. 2005, К. – Логос, 730 с.
6. Носов А. М. Использование клеточных технологий для промышленного получения биологически активных веществ растительного происхождения // Биотехнология. 2010, № 5, – С. 8–28.
7. Решетников В. Н., Спиридович Е. В., Титок В. В. Сохранение, изучение и использование коллекций ботанических садов Республики Беларусь // Генетические ресурсы растений в Беларуси: мобилизация, сохранение, изучение, использование / Генетические ресурсы растений в Беларуси: мобилизация, сохранение, изучение и использование / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»; редкол.: Ф. И. Привалов (гл. ред.) [и др.]. – Минск: Четыре четверти, 2019. – С. 262–340. ил. – ISBN 978–985–581–352–2.
8. Шутова, А., Шиш, С., Гетко, Н., Шамшур, Г., Спиридович, Е. Вертикальное озеленение-инновационное будущее экологической биотехнологии. Наука и инновации, 2021. № 5, 219. – С. 69–74.
9. Ботанические коллекции: документирование и биотехнологические аспекты использования / Е. В. Спиридович – Минск: Белорусская наука, 2015. – 226 с.
10. Концепция формирования придорожных растительных сообществ высокой ботанической и эстетической ценности (придорожные цветы) / И. П. Вознячук, А. Б. Власова, И. М. Степанович Решетников В. Н.; Национальная академия наук Беларуси, Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича, Центральный ботанический сад, Национальный парк Нарочанский. – Минск: Республиканское унитарное предприятие «Издательский дом «Белорусская наука», 2021. – 148 с.
11. Kovzunova, O. V. Biosynthesis of biologically active substances in cell cultures of *Silybum marianum* of ultra high frequency low power electromagnetic field. Молодежь в науке – 2019: тезисы докладов XVI Международной научной конференции молодых ученых (Минск, 14–17 октября 2019 г.) – Нац. акад. наук Беларуси, Совет молодых ученых; редкол. В. Г. Гусаков (гл. ред.) [и др.]. – Минск: Белорусская наука. 2019, – С. 98–99.