

Для реализации обмена опытом студентов старших курсов, аспирантов и выпускников проводится рубрика Интервью, в рамках которой освещается тема трудоустройства, участия в конференциях и кейс-чемпионатах, стажировок и научной-деятельности на факультете.

Результатом работы СНО является выполнение поставленных задач по формированию экологического мышления у студентов и развитию навыков в интересах устойчивого развития. Студенты факультета почвоведения активно занимаются научной деятельностью экологической направленности. Вовлечены в сферу интересов устойчивого развития государственных организаций и бизнеса. Имеют возможность не только познакомиться с инновационными разработками в сфере экологии, но также принимать создавать их самостоятельно и принимать участие в их использовании на практике. Благодаря участию в мероприятиях, проводимых СНО факультета почвоведения, студенты развивают soft skills, green skills, навыки популяризатора и преподавателя. И не менее важным является формирование надпрофессионального навыка экологического мышления. За счет получения данных навыков студенты повышают свою компетентность и конкурентоспособность на меняющемся в сторону устойчивого развития рынке труда.

За два года проведено более 25 лекций в рамках Научного клуба СНО, более 5 просветительских мероприятий со школьниками, экологические кейс-чемпионаты по заданию компаний-партнеров «Green Office Case» и «Green Store Case». В мероприятиях приняли участие более 200 студентов и 10 компаний-партнеров.

Таким образом, создание студенческого научного общества на факультете почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова позволяет повышать качество подготовки научных кадров в рамках современных запросов для устойчивого развития. СНО является площадкой для экологического просвещения и формирования навыков специалистов будущего.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Timofeeva E. A., Kushnazarov P. I.* Staff for ecology: Who needs the industry // JournalNX - A Multidisciplinary, Peer Reviewed Journal. – 2021. – P. 461–466.
2. ЮНЕСКО Межправительственная конференция по образованию в области окружающей среды, Тбилиси, 14–16 октября 1977 год. Заключительный доклад. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ecoaccord.org/edu/032763rb.pdf>.
3. Образование-2030. Учиться. Пробовать. Действовать. Сборник статей VII Всероссийской конференции по экологическому образованию [Электронный ресурс]. – Неправительственный экологический фонд имени В.И. Вернадского, 2021.
4. *Галиуллина Ф.Ш.* Научно-исследовательская деятельность как фактор формирования профессиональной компетентности // Вестник ТГГПУ. №3 (25). 2011.
5. *Калуцкий П.В.* КГМУ: опыт организации научно-исследовательской деятельности // «Высшее образование в России». № 1. 2015. С. 109-114.

СОХРАНЕНИЕ И МОБИЛИЗАЦИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ КАК НАПРАВЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ CONSERVATION AND MOBILIZATION OF GENETIC RESOURCES OF CULTIVATED PLANTS AS A DIRECTION OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Т. А. Красинская^{1,2,3}, Р. И. Холматов^{1,2}

T. A. Krasinskaya^{1,2,3}, R. I. Holmatov^{1,2}

¹Белорусский государственный университет, БГУ, г. Минск, Республика Беларусь

²Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ, г. Минск, Республика Беларусь
gebeg@iseu.by, krasinskaya@tut.by

³РУП «Институт плодородия», а.г. Самохваловичи, Республика Беларусь

¹Belarusian State University, BSU, Minsk, Republic of Belarus

²International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

³RUE "Institute for Fruit Growing", Samokhvalovichy, Republic of Belarus

Полевая коллекция плодовых, ягодных, орехоплодных культур и винограда Института плодородия НАН Беларуси, объявленная Национальным достоянием страны, насчитывает более 5000 образцов, из которой 1 478 образцов приходится на род *Malus* Mill. Для создания генетического банка растений в условиях *in vitro* необходима разработка элементов длительного сохранения различных их генотипов в условиях

активного роста или в условиях пониженной температуры. В условиях активного роста (температура культивирования 24 ± 2 °C) для сохранения максимальной доли жизнеспособных растений-регенерантов мандатного сорта яблони Дьямент и их физиологической активности приемлемо культивирование длительностью 33 дня на модифицированных средах MS и DKW с добавлением нистатина или без него. Увеличение длительности пассажа до 65 дней целесообразно на модифицированной среде DKW без нистатина, на которой доля жизнеспособных растений-регенерантов составила 100 %.

The field collection of fruit, small-fruit, nut crops and grapes of the Institute for Fruit Growing of the National Academy of Sciences of Belarus, declared the State National Treasure, has more than 5,000 accessions, 1,478 accessions of which belong to the genus *Malus* Mill. To create a plant genetic bank in *in vitro* conditions, it is necessary to develop elements for the long-term preservation of their various genotypes in conditions of active growth or at low temperatures. In conditions of active growth (cultivation temperature 24 ± 2 °C), in order to maintain the maximum rate of viable regenerants of apple cv. Diyament and their physiological activity, cultivation for 33 days on modified MS and DKW media with or without nystatin is acceptable. It is advisable to increase the passage duration up to 65 days on a modified DKW medium without nystatin, on which the viable rate of plant regenerants was 100%.

Ключевые слова: генетические ресурсы растений, национальное достояние, *Malus* Mill., депонирование *in vitro*.

Keywords: plant genetic resources, national treasure, *Malus* Mill., *in vitro* conservation.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2022-1-113-116>

Генетические ресурсы растений являются биологической основой продовольственной безопасности и, прямо или косвенно, поддерживают средства к существованию каждого человека на Земле. Генетические ресурсы растений для продовольствия и ведения сельского хозяйства состоят из разнообразия семян и посадочного материала традиционных сортов и современных культурных сортов, диких родственников сельскохозяйственных культур и других видов диких растений. Сохранение и устойчивое использование необходимо для обеспечения растениеводства и решения растущих экологических проблем и изменения климата. Генетическая эрозия (потеря генетического разнообразия) этих ресурсов представляет серьезную угрозу для мировой продовольственной безопасности в долгосрочной перспективе. Поэтому вопросы сбора, сохранения, изучения и рационального использования генетических ресурсов культурных растений и их диких родичей являются государственными, стратегически важными и непосредственно связаны с обеспечением как национальной, так и глобальной продовольственной, биоресурсной и экологической безопасности.

Стратегия сохранения и мобилизации генетических ресурсов имеет два направления: сохранение в условиях *in situ* (в естественных условиях обитания) и в условиях *ex situ* (в лабораторных условиях). Сохранение плодовых культур имеет свои особенности, одной из которых является невозможность хранения их в виде семян, за исключением отдельных диких видов, сохраняющих свои признаки при семенном размножении. В генетических банках растений вегетативно размножаемые культуры сохраняются преимущественно в полевых коллекциях, в которых изучаются образцы в течение всего вегетационного периода. Однако поддержание и сохранение всех образцов в полевых условиях требует больших материальных, земельных и трудовых ресурсов, а также требует постоянного пополнения коллекции в силу естественного процесса выбывания части образцов из-за неустойчивости к различным абиотическим (климатические условия Беларуси) или биотическим факторам (фитопатогенный фон). В связи с этим возникает необходимость создания коллекции в условиях *ex situ* мандатных сортов плодовых, ягодных, орехоплодных культур и винограда. Мобилизация генетических ресурсов растений в условиях *ex situ* снижает трудозатраты и потери геноресурсов, так как их сохранение происходит в постоянных и контролируемых условиях. Хранение живой коллекции в культуре *in vitro* – важное направление в биотехнологии, требующее разработок по сохранению образцов белорусской селекции.

Коллекция плодовых, ягодных, орехоплодных культур и винограда Института плодоводства НАН Беларуси в 2012 году объявлена Национальным достоянием и включена в Государственный реестр научных объектов (№ 6). Данная коллекция по составу культур и видов не имеет аналогов в Беларуси, в то время как дублетные коллекции в других организациях республики насчитывают не более 250 образцов каждая. Коллекционные фонды сохраняются в живом виде, по 3-6 растений каждого образца, в полевых условиях (в условиях *in situ*) на площади 20 га (аг. Самохваловичи, Минский район) и на 01.01.2021 г. составляли 5 582 образцов, в т.ч. яблони – 1 478, груши – 718, айвы – 55, алычи культурной и сливы домашней – 403, вишни – 251, черешни – 273, абрикоса – 153, персика – 30, ореха грецкого – 78, лещины и фундука – 221, винограда – 512 образцов, земляники садовой – 177, смородины черной – 223, смородины красной – 78, смородины золотистой – 15, крыжовника – 313, малины – 92, ежевики – 14, хеномелеса японского – 19, актинидии – 54, барбариса – 4, боярышника – 39, бузины – 39, жимолости – 114, ирги – 15, калины – 38, кизила – 50, лимонника китайского – 3, гумы – 7, облепихи – 56, рябины садовой – 23, аронии черноплодной – 14, черемухи – 2, шиповника – 17, шелковицы – 1, унаби – 1, дерезы – 2, княженики – 2, азимины – 1 образец.

В отделе биотехнологии «Институт плодоводства» заложена дуплетная коллекция в состоянии активного роста, сохраняющаяся в условиях *in vitro* при температуре $+23 \dots +25$ °C. На 1.01.2022 года коллекция включала в себя 46 образцов (*Pyrus* L. – 4, *Prunus* L. – 5, *Vitis* L. – 3, *Fragaria* L. – 9, *Lonicera* L. – 4, *Rubus idaeus* L. – 8, *Rubus*

caesius L. – 3, *Amelanchier* Medik. – 4, *Chaenomeles* Lindl. – 2, *Acca* O.Berg – 1, *Corylus* L. – 1, *Malus* Mill. – 2 образца (сорта Дьямент и Зорка)), каждый по 10 растений. Коллекция *in vitro* ежегодно пополняется новыми образцами и представлена образцами различного эколого-географического происхождения. 17 образцов в коллекции являются сортами отечественной селекции.

Стоит отметить, что при хранении коллекций *in vitro* в оптимальных условиях роста растений (23–25 °C), возникает необходимость частого переноса растений-регенерантов на свежую питательную среду, что повышает стоимость хранения образца и увеличивает риск его инфицирования различными микроорганизмами. Кроме того, частое пассажирование растений стимулирует активное деление клеток, что может способствовать возникновению соматических вариантов. Для увеличения интервала между пассажами используют различные методы и приемы, направленные на замедление роста пробирочных растений. Например, между пассажами растения-регенеранты хранят при пониженной температуре (+4...+8 °C), низкой интенсивности света или коротком фотопериоде, модифицируют состав питательных сред, увеличивая концентрацию углеводов в среде, сокращая концентрацию макро- и микроэлементов, добавляя осмотики (маннит, сорбит, полиэтиленгликоль), ретарданты, тормозящие рост культур (абсцизовая кислота, хлорхолинхлорид), адсорбенты (активированный уголь, поливинилпирролидон), стресс-протекторы (салициловая кислота), аминокислоты и др. [1–3]. Наблюдаемый при этом водный стресс в растениях выражается в снижении скорости ростовых процессов, угнетении фотосинтеза и дыхания, снижается ферментативная активность, изменяется соотношение минеральных веществ в тканях растений [4]. Поэтому необходимо создать условия, при которых растения-регенеранты погружались бы в состояние покоя и могли находиться в нем длительное время, имея пониженный уровень обменных процессов, фотосинтеза, дыхания и потребляя минимум питательных веществ (подобрать оптимальное соотношение минерального и гормонального состава питательной среды), а также условий культивирования, чтобы не только обеспечить максимальную сохранность микрорастений при депонировании, но последующую их регенерационную способность на этапах микроразмножения, ризогенеза, а также высокую долю приживаемости к нестерильным условиям *ex vitro* [5].

Разработка элементов технологии длительного беспересадочного хранения растений на различных этапах культивирования *in vitro* – одно из перспективных направлений биотехнологии. Данный метод позволяет не только создать банк ценных генотипов, но и получать растения к определенному сроку и экономить затраты на субкультивирование и химические реактивы. Длительность культивирования растений-регенерантов обычно составляет 28–56 дней, по истечении которых образовавшиеся микропобеги отделяют и переносят на свежую питательную среду того же состава.

Целью исследований стало определение оптимального минерального состава сред для длительного культивирования растений-регенерантов сорта яблони Дьямент в условиях *in vitro*.

Объект исследований – мандатный сорт яблони белорусской селекции Дьямент, свободный от сокопереносимых вирусов (вирус мозаики яблони (ArMV), вирус хлоротической пятнистости листьев яблони (ACLSV), вирус ямчатости древесины яблони (ASPV), вирус бороздчатости стебля яблони (ASGV)).

Растения-регенеранты яблони культивировали на средах с разным минеральным составом (Мурасиге–Скуга и Драйвера–Куныюки) по 6 растений в одной банке (таблица 1). Объем среды в банке – 40 мл. Повторность опытов – 4-кратная, по 10–15 растений-регенерантов в повторности.

Условия культивирования растений *in vitro*: освещение 2,5–3 тыс. люкс, температура +24±2°C, фотопериод 16/8 часов. Анализ результатов депонирования растений-регенерантов яблони проводили через 33 и 65 дней.

Таблица 1 – Состав питательных сред для депонирования сорта яблони Дьямент

Обозначение питательной среды	Минеральный состав	Гормональный состав	Дополнительные компоненты среды
MS	Модифицированная среда MS	1 мг/л 6-БА 0,01 мг/л ИМК 0,2 мг/л ГК	нет
DKW	Модифицированная среда DKW	1 мг/л 6-БА 0,01 мг/л ИМК 0,2 мг/л ГК	
MS/нистатин	Модифицированная среда MS	1 мг/л 6-БА 0,01 мг/л ИМК 0,2 мг/л ГК	4 таблетки нистатина /л
DKW/нистатин	Модифицированная среда DKW	1 мг/л 6-БА 0,01 мг/л ИМК 0,2 мг/л ГК	

В ходе исследований отмечается, что длительное содержание (65 дней) растений-регенерантов на среде MS при нормальных условиях культивирования неблагоприятно для сохранения их жизнеспособности: у 38,9 % растений-регенерантов желтели и опадали листовые пластинки (таблица 2). Это свидетельствует о нехватке питательных элементов в среде после двух месяцев непрерывного культивирования. На среде DKW доля жизнеспособных

растений-регенерантов составила 100 %. При этом среднее количество полученных микрочеренков при пересадке было меньше (2,28 шт.), чем после культивирования на среде MS (3,83 шт.).

После 33 дней культивирования растения-регенеранты на всех четырех изучаемых средах сохраняли нормальное морфологическое и физиологическое состояние. Количество растений-регенерантов, образовавшихся в результате геммогенеза, определялось средой культивирования: на модифицированной среде MS с добавлением нистатина образовывалось в среднем 4,8 растения-регенеранта в конгломерате, что в 2,3 раза больше, чем на модифицированной среде DKW/нистатин (таблица 2).

На средах без добавления нистатина среднее количество растений-регенерантов было одинаково – 3,8 шт. Растения-регенеранты были хорошо развиты, и это дало возможность их черенковать, тем самым увеличивая коэффициент размножения до 5,2 на среде MS/нистатин.

Таблица 2 – Морфологическое развитие растений-регенерантов сорта яблони Дьямент при длительном беспересадочном культивировании на питательных средах различного минерального состава

Длительность культивирования	Питательная среда	Доля жизнеспособных растений-регенерантов, %	Среднее количество растений-регенерантов на конгломерат, шт.	Среднее количество микрочеренков на конгломерат, шт.
65 дней	MS/нистатин	61,1	не опред.	3,83
	DKW/нистатин	100,0	не опред.	2,28
33 дня	MS	100,0	3,8b	4,2c
	DKW	100,0	3,8b	4,7b
	MS/нистатин	100,0	4,8a	5,2a
	DKW/нистатин	100,0	2,1c	2,8d

Таким образом, для сохранения максимальной доли жизнеспособных растений-регенерантов сорта яблони Дьямент и их физиологической активности приемлемо культивирование длительностью 33 дня на модифицированных средах MS и DKW с добавлением нистатина или без него.

Для депонирования в условиях температуры 24±2 °С, фотопериода 16/8 часов. целесообразно выращивание растений-регенерантов длительностью до 65 дней на модифицированной среде DKW без нистатина.

Изучение и оптимизация способов и методов сохранения биологического и генетического разнообразия плодовых и ягодных культур в условиях *in vitro*, включающие разработку элементов депонирования, позволяет создать банк ценных генотипов как для селекционных работ, так и для производства оздоровленного сертифицированного посадочного материала к определенному сроку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Technical guidelines for the management of field and *in vitro* germplasm collections / B. M. Reed [et al.]. – Rome : Intern. Plant Genetic Resources Inst., 2004. – 106 p. – (IPGRI Handbook for Genebanks ; № 7).
2. Дунаева С.Е. Коллекции плодовых и ягодных культур *in vitro*: (стратегия создания и хранение) / С.Е. Дунаева, Т.А. Гавриленко // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2007. – Т. 161. – С. 10–19.
3. Шабанова Е.А. Влияние модификаций состава питательных сред на эффективность длительного хранения *in vitro* клонов тополя и осины / Е.А. Шабанова, Н.И. Внукова, О.С. Машкина // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. Химия. Биология. Фармация. – 2020. – № 1. – С. 42–49.
4. Высоцкий В.А. Совершенствование методов сохранения ценных генотипов плодовых и ягодных культур *in vitro* / В.А. Высоцкий // Плодоводство и ягодоводство России: сб. науч. тр. / Всерос. селекц.-технол. ин-т садоводства и питомниководства, 2015. – Т. 41. – С. 69–73.
5. Матушкина О.В. Беспересадочное культивирование яблони и груши *in vitro* / О.В. Матушкина, И. Н. Прошина // Плодоводство и ягодоводство России : сб. науч. тр. – М., 2013. – Т. 37. – Ч. 1. – С. 222–228.