

Тохтарь В.К., Фомина О.В. 2011. Особенности формирования урбанофлор в различных природно-климатических и антропогенных условиях: факторный анализ и визуализация данных. *Научные ведомости БелГУ. Естественные науки*, 15(9): 23–29.

Тохтарь В.К., Зеленкова В.Н., Курской А.Ю., Третьяков М.Ю. 2021. Флористические исследования в Ботаническом саду НИУ «БелГУ»: основные направления и результаты. В кн.: Флора и растительность Центрального Черноземья – 2021. Материалы межрегиональной научной конференции. Курск: 37–41.

Тохтарь В.К., Зеленкова В.Н., Курской А.Ю., Третьяков М.Ю., 2021. Новые данные к флоре Белгородской области (по материалам 2019-2020 гг.). *Бюллетень МОИП. Отделение биологии*, 126(3): 34–35.

Burda R.I., Tokhtar V.K. 1992. Invasion, distribution and naturalization of plants along railroads of the Ukrainian south-east. *Український ботанічний журнал*, 49(5): 14.

Lisetskii F.N., Tokhtar V.K., Ostapko V.M., Prykhodko S.A., Petrunova T.V. 2016. Regularities and features of differentiation and anthropogenic transformation of steppe vegetation. *Terrestrial biomes: geographic distribution, biodiversity and environmental threats*, 4: 103–126.

Seregin A.P., Bochkov D.A., Shner J.V. et al. 2020. “Flora of Russia” on iNaturalist: a dataset. *Biodiversity Data Journal*, 8: e59249.

Tokhtar V.K., Groshenko A.S. 2014. Differentiation of the Climatic Niches of the Invasive *Oenothera* L. (Subsect. *Oenothera*, Onagraceae) Species in the Eastern Europe. *Advances in Environmental Biology*, 8(10): 529–531.

Tokhtar V.K., Vinogradova Yu.K., Zelenkova V.N., Kurskoy A.Yu. 2020. Can invasive plant species «differentiate» colonized ecotopes? *Eurasian Journal of Biosciences*, 14(1): 2285–2292.

Tokhtar V.K., Zelenkova V.N. 2020. Classification of flora of agrophytocenoses growing in the southwest of the Central Russian Upland (Russia). *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*, 21: 78–85.

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ АДАПТАЦИИ РАСТЕНИЙ-РЕГЕНЕРАНТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ *IN VITRO*

Л.А. Тохтарь, В.К. Тохтарь, Н.В. Жилиева, С.Г. Бубличенко

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
г. Белгород, Россия*

Использование метода клонального микроразмножения растений в условиях *in vitro* позволяет в короткий срок получить большое количество высококачественного посадочного материала [Muratova et al., 2017]. Важнейшим этапом в технологии клонального микроразмножения, определяющим ее успешность, является этап адаптации растений к условиям внешней среды. В процессе адаптации растений к нестерильным условиям может происходить значительный выпад части полученного таким способом материала. Известно, что при промышленном клональном микроразмножении возникают большие (свыше 50%) потери растений на этапе их пересадки в нестерильные условия [Kim et al., 2008]. Отработка эффективной технологии перевода микрорастений в нестерильные условия делает возможным промышленное микроразмножение размножаемых культур. В связи с этим исследование возможностей оптимизации процессов адаптации приобретает крайне важное научное и практическое значение. Основные работы в этом направлении посвящены разработке приемов, которые позволяют сократить продолжительность этапа адаптации, выявить способы повышения приживаемости микроклонов на этапе адаптации для получения качественного посадочного материала.

Технологии адаптации включают подбор субстрата и оптимальных условий для адаптации, роста и развития микрорастений – освещенности, фотопериода, влажности воздуха, температурного режима и состава субстрата. Немаловажным фактором является определение оптимальных сроков высадки растений-регенерантов в почву.

Для успешной акклиматизации микрорастений необходимо подготовить их к переходу на фототрофное питание в условиях низкой влажности воздуха, активизировать рост корневой системы за счет развития придаточных корней на этапе укоренения. При попадании в стрессовые условия растения должны как можно быстрее приспособиться к ним ткани и органы, образованные *in vitro*, или сформировать новые побеги и листья. Желательно, чтобы эти два процесса проходили одновременно.

Для того чтобы растения прижились в нестерильных условиях, они должны преодолеть стрессовые условия, которым они подвергаются в процессе их адаптации [Schuyler, 1990]. Поэтому важно учитывать стрессовые факторы, действующие на растения. Снижение их влияния будет способствовать оптимизации процессов адаптации и большему выходу посадочного материала. К этим факторам относятся следующие.

1. Водный стресс, приводящий к разрушению мембран клеток у растений и их обезвоживанию. Особенно чувствительны растения, после изъятия их из культуральных сосудов [Fuchigami et al., 1981].

2. Нехватка кутикулярного воска на поверхности листьев. Данный фактор вызывает ухудшение функционирования устьиц. Известно, что потеря воды у микроклонов в пробирках происходит через устьица, которые не функционируют 10–14 дней после пересадки в нестерильные условия. Основной причиной в этом случае является влияние цитокинов на растение. Поэтому желательно, чтобы ко времени перемещения растений в условия *ex vitro* у них были листья с функционирующими устьицами. Многие эксперименты при этом связаны с разработкой методов, способствующих восстановлению работы устьичного аппарата [Бенгстон и др., 1979]. Закрывание устьица может произойти при относительной влажности воздуха 65%. В этом случае происходит быстрая гибель растений. Поэтому рекомендуется поддерживать влажность воздуха в пределах 95–99%, снижая ее постепенно до 50–60%. Влажность поддерживается с помощью изолирующих покрытий и искусственного тумана [Mehers et. al., 1984].

3. Снижение поглощения воды и питательных веществ корнями и сильная транспирация. При пересадке растений в нестерильные условия, корни растений, полученные в условиях *in vitro* на агаризованной среде, не имеют корневых волосков, часто они развиваются из каллуса. Процесс корнеобразования зависит от действия ауксина и агара, их концентрации и типа. Если побеги удастся укоренить без присутствия в них ауксина, то их приживаемость в нестерильных условиях лучше [Pierik, Steegmans, 1975].

Влияние фактора присутствия воды в растениях является наиболее важной составляющей успешного развития при их адаптации к нестерильным условиям. Именно поэтому хорошо зарекомендовали себя в этом отношении применение методов гидро- и аэропоники. Использование технологий, основанных на выращивании растений без почвы в воздушной среде, – гидропоники и аэропоники – позволяет не только решить данные проблемы, но и оптимизировать параметры роста, морфологические и физиологические процессы. Так, например, при проведении исследования на растениях батата, применение аэропонной установки привело к 100%-ой акклиматизации микроклонов к условиям *ex vitro*. В этих условиях наблюдали активный рост как надземной, так и корневой системы растений [Калашникова и др., 2017].

Экспериментально доказано, что важное значение в регуляции морфогенеза оказывает система освещения [Muratova et al, 2018, 2020]. Спектральный состав света должен обеспечить наиболее благоприятные режимы, которые способствуют интенсификации роста растений в ответ на стрессовые условия существования [Калашникова, 2020].

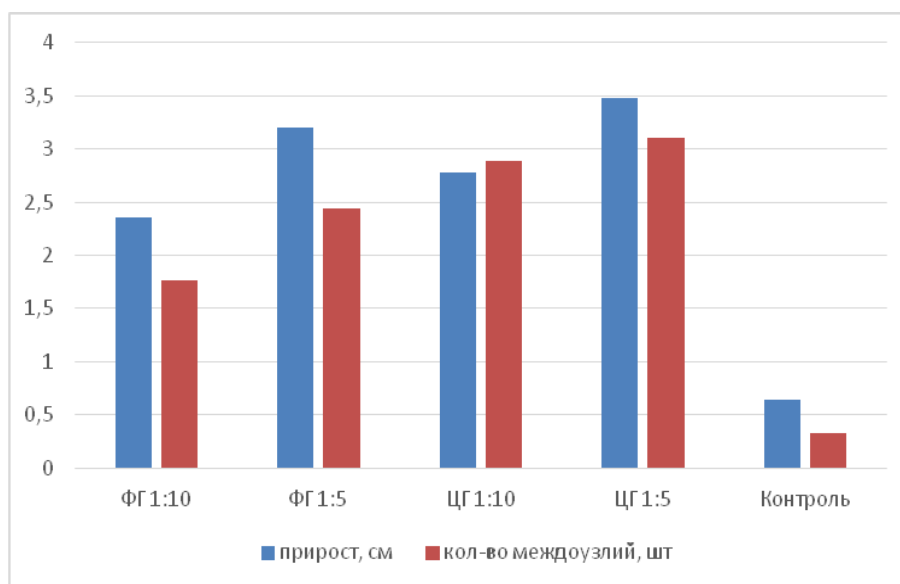
Известно, что морфогенетический потенциал растений также зависит от ряда взаимосвязанных факторов минеральной, гормональной и физической природы. Состав субстратов, применяемых для адаптации, оказывает значительное влияние на приживаемость и высокую долю успешно адаптированных растений. Чаще всего для

адаптации используют минерализованные торфяные субстраты и их смеси с агроперлитом. Изучаются возможности использования и других субстратов с целью увеличения доли успешно адаптированных растений и улучшения их роста и развития. Оценка успешности адаптации часто оценивается с помощью морфометрических методов (большая высота растений, количество и длина корней и др.). Рассматривается возможность использования в качестве субстратов на этапе адаптации вермикулита, ионообменных субстратов, мха сфагнома *Sphagnum* L. [Любимова, Коновалова, 2016; Колбанова, 2018; Гашенко, Кухарчик, 2020].

Нами была изучена возможность использования гипсосодержащих отходов промышленных производств (фосфогипса и цитрогипса) в качестве минеральных добавок к субстратам на этапе адаптации. В настоящее время на предприятиях химической и пищевой промышленности вырабатывается сотни тысяч тонн гипсосодержащих отходов. Фосфогипс является крупнотоннажным отходом переработки апатитовых и фосфоритовых руд, а цитрогипс – побочный продукт производства лимонной кислоты [Древин и др., 2012].

Основное вещество в составе фосфогипса – двухводный сульфат кальция ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) в виде мелких кристаллов и 1–2% водорастворимый оксид фосфора (P_2O_5), которые являются его полезными составляющими. Также он содержит примеси растворимых и нерастворимых веществ, в том числе редкоземельных и радиоактивных элементов и тяжелых металлов. Использование фосфогипса в земледелии может существенно улучшать физико-химические свойства почв, их водно-воздушный и пищевой режим, увеличивает содержание обменного кальция в почвенном поглощающем комплексе, обогащает почвы серой, фосфором, кремнием и рядом микроэлементов [Перистый и др., 2008]. Основное вещество в составе цитрогипса – двухводный сульфат кальция ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

В наших исследованиях установлено положительное влияние добавок к торфяному субстрату гипсосодержащих отходов на морфометрические показатели растений-регенерантов сирени на этапе адаптации к нестерильным условиям. Добавление фосфогипса и цитрогипса к торфяному субстрату в концентрации 1:10 показало достоверное увеличение высоты побегов и количества междоузлий у растений (см. рисунок).



Влияния добавок фосфогипса и цитрогипса на морфометрические показатели растений сирени сорта Милосердие, полученных методом клонального микроразмножения на этапе адаптации к условиям *ex vitro*

Физиологические параметры растений, связанные с уровнем накопления суммы хлорофилла a+b в листьях, а также азотный статус растений *Syringa vulgaris* L. изученных сортов были достоверно выше при использовании смеси, содержащей фосфогипс с торфом в соотношении 1:10.

Помимо вышеперечисленных факторов, оказывающих влияние на эффективность адаптации, заслуживает внимания использование штаммов микроорганизмов, способствующих успешному росту и развитию растений. Нами получены перспективные результаты при использовании ряда штаммов бактерий *Pseudomonas* Migula для стимулирования роста и развития растений *Syringa vulgaris* L. сорта 'Примроуз', находящихся на стадии адаптации к условиям внешней среды. После высадки растений, субстрат в рассадных кассетах проливали до полного смачивания растворами, содержащими штаммы бактерий – *Pseudomonas chlororaphis* 16Н, *Pseudomonas protegens* P4-2 и *Pseudomonas putida* P82 в разведениях с водой 1:5 и 1:10. В качестве контроля выступали растения, обработанные после высадки в субстрат водой без добавок. После завершения адаптации растения, обработанные штаммами *Pseudomonas* Migula, одинаково увеличили количество междоузлий, что и контрольные растения, за исключением растений, субстрат которых был обработан *Pseudomonas chlororaphis* 16Н. Достоверное влияние на увеличение длины побега было отмечено для штамма *Pseudomonas protegens* P4-2 в разведении 1:10 и 1:5, что составило порядка 76,6% и 77,5% по сравнению с контролем (62,2% прироста) [Тохтарь и др., 2021]. Проведенное исследование показало, что на этапе адаптации растений *Syringa vulgaris* L. сорта 'Примроуз' при обработке субстрата штаммом бактерий *Pseudomonas protegens* P4-2 в разведении 1:5 достоверно увеличивается длина корней и высота растений.

Список литературы

- Бенгстон К., Фальк С.О., Ларсон С. 1977. Последствие водного стресса на интенсивность транспирации и изменения содержания абсцизовой кислоты в молодых растениях пшеницы. *Physiologia Plantarum*, 41: 149–154.
- Гашенко О.А., Кухарчик Н.В. 2020. Влияние субстратов на ризогенез и адаптацию *ex vitro* растений-регенерантов ежевики. *Плодоводство*, 32: 134–138.
- Древин В.Е., Шипаева Т.А., Комарова В.И. 2012. Технологические основы получения лимонной кислоты. *Пищевая промышленность*, 13: 46–47.
- Калашникова Е.А. 2020. Клеточная инженерия растений. М., Юрайт, 347 с.
- Колбанова Е.В. 2018. Влияние различных субстратов и поры года на адаптацию *ex vitro* растений регенерантов жимолости синей (*Lonicera caerulea* L. var. *kamtschatica*). *Плодоводство*, 30: 159–164.
- Любимова Е.И., Коновалова Л.Н. 2016. Использование мха-сфагнума на стадии укоренения и адаптации регенерантов *ex vitro*. В кн.: Биотехнология как инструмент сохранения биоразнообразия растительного мира. Материалы VII научно-практической конференции. Ялта, ИТ «АРИАЛ»: 94–95.
- Муратова С.А., Янковская М.Б., Соловых Н.В. 2011. Оптимизация методов клонального микроразмножения садовых культур. *Плодоводство и ягодоводство России*, 24: 375–382.
- Перистый В.А., Голдовская-Перистая Л. Ф., Прохорова Г. В. 2008. Утилизация цитрогипса – отхода производства лимонной кислоты. *Научные ведомости БелГУ. Естественные науки*, 3: 147–151.
- Тохтарь Л.А., Третьяков М.Ю., Ткаченко Н.Н., Жилыева Н.В. 2021. Адаптация растений *Syringa vulgaris* L. сорта Примроуз полученных методом *in vitro* с использованием штаммов *Pseudomonas migula*. В кн.: Молодежная наука как фактор и ресурс инновационного развития. Сборник статей IV Международной научно-практической конференции. Петрозаводск МЦНП, Новая наука: 400–406. DOI: 10.46916/01122021-5-978-5-00174-389-7
- Fuchigami L.H., Cheng T.Y., and Soeldner A. 1981. Abaxial Transpiration and Water Loss in Aseptically cultured plum. *J. Amer. Soc. Hort. Sic.*, 106(4): 519–522.
- Kim K.W. et al. 2008. Effect of ABA and agar in preventing verticillium of carnation plantlets cultured in vitro. *J. of Korean Soc. for Hort. Sci.*, 29(3): 208–215.

Mehers O., Meireson L. et al. 1984. Ethylene production inhibitors can improve in vitro propagation of roses. *Meded. Fac. Landbouwench. Rijksuniv. Gent.*, 49(36): 1139–1144.

Muratova S.A., Budagovskiy A.V., Tokhtar L.A., Tokhtar V.K., Deineka L.A. 2017. The research of clonal micropropagation efficiency of *Schisandra chinensis* under the influence of low-intensity coherent radiation. *International Journal of Green Pharmacy*, 11(3): 634.

Muratova S.A., Subbotina N.S., Tokhtar L.A., Tokhtar V.K., Yatsenko V.M., Petrunova T.V. 2018. The influence of the spectral composition on the root development of ornamental plants *in vitro*. *Indo American Journal of pharmaceutical sciences*, 05(07): 6979–6984.

Muratova S., Melekov I., Budagovskiy A., Tokhtar L. and Tokhtar V. 2020. The effect of low-intensity coherent radiation on the efficiency of rhizogenesis of plants of the genus *Rubus* L. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*, 21(19&20): 97–102.

Pierik R.L.M., Steegmans H.H.M. 1975. Freesia plantlets from flower-buds cultivated *in vitro*. *Neth J. Agric. Sei.*, 23: 334–337.

Schuyler Suley. 1990. Hormonal Transudation of Environmental stresses. *Hort. Sci.*, 25(11): 1303–1365.

К ВОПРОСУ ФОРМИРОВАНИЯ ПАРАЗИТОФАУНЫ ПТИЧЬИХ ГНЕЗД

Е.И. Труфанова, М.С. Яковлева, Г.А. Труфанова

*Воронежский государственный университет,
г. Воронеж, Россия*

Ежегодно, в большей или меньшей степени, птенцы большинства видов птиц подвергаются инвазии эктопаразитами. Ими являются различные виды членистоногих: клещи, блохи, пухоеды, личинки и имаго двукрылых насекомых, которые появляются в гнездах либо в определенной фенологической последовательности, либо как смешанные инвазии.

Паразит и хозяин находятся в сложных и многообразных взаимодействиях, обеспечивающих устойчивость и выживание партнеров. На протяжении многих поколений коадаптации определенных видов паразитов к одному или нескольким видам хозяев складывается процесс сопряженной эволюции, или коэволюции [Балашов, 2001].

Птицы имеют большое количество различных видов эктопаразитов, которые могут оказывать на них негативное влияние. Поэтому в процессе эволюции у птиц выработались различные механизмы защиты от паразитов. К последним относят, как правило, физиологические адаптации, иммунологические реакции и антипаразитарное поведение.

Удобным модельным видом птиц для изучения взаимодействий в системе «паразит–хозяин» является обыкновенный скворец (*Sturnus vulgaris*). Он охотно занимает искусственные гнездовья как на природных, так и на территориях, трансформированных человеком.

Наблюдения за размножением обыкновенного скворца и сборы паразитических членистоногих проводились в течение полевых сезонов 1990–2022 гг. на площадке с искусственными гнездовьями (юго-западная часть Усманского бора (Новоусманский район, Воронежской области)). В условиях этой территории скворец является одним из массовых видов птиц, заселяющих скворечники [Нумеров, 1992]. Для привлечения птиц и наблюдений использовали скворечники стандартных размеров (высота – 30 см, дно – 15×15 см) с открывающимися крышками. Все гнездовья здесь размещены по принципу постоянных пробных площадей, при котором каждый скворечник находится на одном месте в течение всего времени наблюдения [Нумеров, 2007]. Старый гнездовой материал удаляли в конце каждого сезона размножения.

За период исследований было зафиксировано 421 гнездо обыкновенного скворца в искусственных гнездовьях. Все эти гнезда были детально обследованы, гнездовой