

УДК 634:631.53:581.143.6:631.589

АДАПТАЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС РАСТЕНИЙ-РЕГЕНЕРАНТОВ, ВЫРАЩЕННЫХ В КУЛЬТУРЕ IN VITRO, В УСЛОВИЯХ EX VITRO И СПОСОБЫ ЕГО УЛУЧШЕНИЯ

Т.А. Красинская, Н.В. Кухарчик, М.С. Кастрицкая

РУП «Институт плодоводства»,

ул. Ковалева, 2, пос. Самохваловичи, Минский район, 223013, Беларусь,

e-mail: krasinskaya@tut.by

РЕЗЮМЕ

В обзоре представлена информация о проблемах адаптации растений в естественных условиях после выращивания в культуре *in vitro*. Представлены основные морфофизиологические различия растений, обусловленные культивированием. Показано, что для оптимизации адаптационных процессов растений плодовых и ягодных культур в условиях *ex vitro* необходимо учитывать все факторы, влияющие на адаптацию, и корректировать их в соответствии с требованиями той или иной культуры. Причем эту работу следует проводить на всех этапах клонального микроразмножения и собственно на этапе переноса растений-регенерантов в условия *ex vitro*. Эффективно использование физиологически активных веществ, которые могут являться адаптогенами и стимулировать физиологические процессы при адаптации. Особое внимание следует уделять субстратам для адаптации, учитывая потребности различных родов, видов и сортов плодовых и ягодных культур.

Ключевые слова: адаптация *ex vitro*, факторы адаптации, БИОНА, ТРИОНА, ROCKWOOL, AQUASORB, агроперлит, керамзит, биогумус, торф, цеолит, физиологически активные вещества, Беларусь.

Перенос растений из условий *in vitro* в условия *ex vitro* – заключительная и стрессовая стадия для пробирочных растений, определяющая успех всей работы [1-4]. На этом этапе часто погибает значительная часть (80-95%) посадочного материала [2, 5], так как растения *in vitro* представляют собой специфический морфотип растений, которые должны адаптироваться к нестерильным условиям *ex vitro* (пониженная влажность, более высокая интенсивность света, патогенная микрофлора почвы и окружающей среды), существенно отличающимся от условий культивирования в пробирке (повышенная влажность, дефицит углекислого газа). Кроме того, в нестерильных условиях транспирация микрорастений должна стать контролируемой и связь «растение – питательный субстрат» должна осуществляться через корни.

Существует целый ряд внешних и внутренних факторов, оказывающих влияние на адаптационный процесс растений, доскональное изучение которых позволит оптимизировать условия адаптационного процесса для каждого вида плодовых и ягодных культур.

1. Морфофизиологическое строение растений в условиях *in vitro*. Корни, образованные в культуре *in vitro*, анатомически отличаются от корней *ex vitro*. Они содержат меньшее количество крахмальных зерен, низкое содержание лигнина и относительно низкое содержание васкулярных тканей [6]. Поверхность корней, образова-

шихся в культуре *in vitro*, и их апексы густо покрыты волосками. На этой стадии возможно образование многочисленных каллусных клеток между волосками. В процессе адаптации *in vitro* корни теряют свои волоски, останавливается их рост. Такие корни способны поглощать питательные вещества из почвы, быстро расти, и из них развиваются новые корни. Эти новые корни имеют широкую зону всасывания, огромное количество волосков, а каллусные клетки между волосками отсутствуют. Следует отметить, что эти корни не могут обеспечить растение всей необходимой водой, но в период акклиматизации водная потребность покрывается за счет влажности, создаваемой в первые дни адаптации.

Для листьев, сформировавшихся в условиях *in vitro*, характерно слабое развитие кутикулы, эпикутикулярного воска и трихом. Кроме того, эпикутикулярный воск в культуре *in vitro* обладает высокой гидравлической проводимостью. Это все является специфической реакцией организма растения на условия избыточной влажности. После пересадки в грунт в связи с уменьшением атмосферной влажности индуцируется влагоперенос, активируются процессы растяжения клеток и дифференциации растительных структур, налаживаются системы поддержания тургора и функционирования устьиц, а также процессы ксилемогенеза. В связи с изменением условий водообмена, наращиванием листовой массы возникает необходимость эффективной доставки и рационального расхода влаги. В связи с этим наблюдается изменение параметров проводящих элементов: увеличение их количества, линейной длины члеников, уменьшение диаметра просвета сосудов [7]. В анатомическом плане для растений *in vitro* характерна мелкоклеточность палисадной и губчатой паренхим, эпидермальной ткани, слабая дифференциация на столбчатую и губчатую паренхимы. Концентрация клеточного сока в 4-5 раз ниже, чем в растениях *ex vitro*. Плохо развиты проводящие сосуды ксилемы, отсутствуют транспирационные потоки, обеспечивающие растения водой. На адаксиальной стороне листа увеличено количество устьиц, увеличена их апертура и в некоторых случаях увеличены размеры замыкающих клеток, что в естественных условиях не наблюдается. Устьичный аппарат не функционирует в условиях *in vitro*. Изучая устьичные изменения в листе подвоя яблони M 106, G. Vegvári и J. Vértesy обнаружили, что уже на второй день адаптации закрывается 50% устьиц, а на 5-й день – закрыто уже 80% устьиц, а группы устьиц, образованных в условиях *in vitro* и располагающихся близко к листовой поверхности, погружаются вглубь листа [8]. Развивающиеся новые листья обладают большим количеством устьиц благодаря высокой влажности (около 65%) и их работа лучше по сравнению с работой устьиц, образованных в культуре *in vitro*. Таким образом, они представляют промежуточную стадию между формами *in vitro* и *ex vitro*. На существование промежуточной формы устьиц указывал и A. Fabri [9]. Устьица на новообразованных листьях приобретают достаточное сходство с устьицами растений, растущих в полевых условиях.

Анатомические исследования Т.С. Гиголашвили подтвердили слабую водоудерживающую способность ткани растений *in vitro*: величины, характеризующие объем воды не контролирующей тургор клеток, скорость водопоглощения у растений *in vitro* были почти в 9 раз ниже, чем у растений *in vivo* [10]. В связи с чем растения *in vitro* в нестерильных условиях страдали от обезвоживания, которое и явилось стрессовым фактором. Но уже на 5-е сутки пребывания в нестерильных условиях показатели адаптируемых растений картофеля приблизились по значению к таковым у растений *in vivo*.

Таким образом, выживаемость в первую очередь зависит от способности растения выдерживать низкую влажность. Поскольку листовые пластинки пробирочных растений лишены эпикутикулярного слоя воска, то они подвержены очень быстрому обез-

воживанию при пересадке их из условий *in vitro* в условия *ex vitro*, что приводит к гибели адаптируемых растений [7].

В пробирочных условиях фотосинтетическая активность ограничена, питание носит фотомиксотрофный характер (за счет сахарозы питательной среды). В процессе адаптации к условиям *ex vitro* происходят изменения в фотосинтетической активности листа, в частности в содержании хлорофиллов [11, 12, 13, 14]. Предыдущие исследования А. Tantos на *Melissa officinalis* L. свидетельствовали, что увеличение содержания хлорофилла в листьях микрорастений улучшает их приживаемость в процессе адаптации [12]. На примере сортов клюквы крупноплодной и сирени обыкновенной показано, что уже через 2 недели адаптации увеличивалось содержание зеленых пигментов, что свидетельствовало о восстановлении нормального функционирования фотосинтетического аппарата [11].

Таким образом, у растений при пересадке из условий *in vitro* в *ex vitro* происходят значительные изменения в фотосинтетической системе и в процессах транспирации и дыхания.

В связи с морфофизиологическими особенностям растений-регенерантов после культуры *in vitro* для успешной адаптации в нестерильных условиях рекомендуют ряд дополнительных мероприятий, способствующих улучшению процесса адаптации растений и повышению их приживаемости в нестерильных условиях:

- при подготовке растений к переносу в почву повышать освещенность до 10000 лк; на последних стадиях перед высадкой растения помещать на среду без регуляторов роста сроком на 3 недели;

- создавать при адаптации условия повышенной влажности [15], хотя исследования J.A. Magin свидетельствовали о преимуществе создания низкой влажности путем приоткрывания пленки над адаптируемыми растениями-регенерантами [16];

- открывать пробирки на несколько дней, уменьшать влажность воздуха в сосуде, нанося на поверхность среды ланолиновую пасту, при адаптации наносить на листья антитранспиранты (янтарная кислота, лимонная кислота, аскорбиновая кислота, абсцизовая кислота (0,1mM), 10%-ный р-р глицерина) [5, 17];

- обрабатывать растения фунгицидами (0,2%-ный р-р бенлата) [5];

- создавать растениям искусственный период покоя в течение 40-60 дней перед высадкой в нестерильные условия, выдерживая их в холодильной камере при температуре +5...+6°C [18]. После вынужденного покоя растения, перенесенные в почву в культуральные камеры, начинают интенсивный рост, активнее перестраивая систему транспирации, становясь менее зависимыми от патогенной микрофлоры.

2. Гормональный состав сред для пролиферации микрорастений. Растения-регенеранты подвоев вишни, полученные на среде с кинетином, в целом были лучшего качества (имели хорошо развитые листовые пластинки, лучше адаптировались и имели высокую выживаемость), чем растения, полученные со среды с 6-бензиладенином (6-БА). Для сортов вишни, по наблюдениям О.В. Матушкиной и И.П. Прониной, лучше применение 6-БА [19]. Использование в средах для микроразмножения дополнительных соединений (салициловой кислоты, триаcontiнола, эмистима) способствует лучшей адаптации растений к условиям *ex vitro* в связи с влиянием их на синтез растительных пигментов (хлорофилла и каротиноидов) [12].

3. Среда для ризогенеза. Отмечается, что растения, укорененные на жидкой среде, лучше приживались, чем на среде, содержащей агар, так как на безагаровой среде образовывалось больше добавочных корней и корневых волосков. При пересадке в почвенный субстрат такие корни не повреждались, что наблюдалось у растений, выра-

щенных на агаризированной среде, при отмывании корней от агара. Агаровый субстрат характеризуется очень низкой диффузной способностью кислорода. Она вызывает гипоксию корней, которая является причиной физиологической сухости растений, из-за которой идет отставание в развитии проводящих сосудов ксилемы и отсутствуют транспирационные потоки [7]. Понижение содержания нитратов в средах способствовало увеличению площади листьев при адаптации [20]. Применение регуляторов роста-адаптагенов в среде для ризогенеза – 0,01 мг/л эпибрасинолида, 0,01 и 0,05 мг/л янтарной кислоты – способствовало повышению приживаемости растений вишни и земляники садовой при переносе в нестерильные условия [21].

4. Развитие корневой системы. Приживаемость повышалась, когда адаптировались растения, корневая система которых состояла из 3-4 корней длиной 4-7 см с боковыми ответвлениями [4]. Другие авторы отмечали, что корни длиннее 1-2 см при пересадке в горшки повреждаются [22].

5. Условия этапа адаптации. Чаще для адаптации используют 16-часовой световой день, освещение 2,5-3 тыс. люкс, температура – от +20 до +22°C.

6. Время года адаптации. Однозначного ответа на вопрос об оптимальном сроке адаптации *ex vitro* для косточковых культур (в частности для вишни и черешни) нет. Одни исследователи рекомендуют проводить эту работу весной (в конце февраля, а лучше в марте – начале апреля), когда отмечались рост надземной части и удовлетворительная адаптация пробирочных растений к новым экологическим условиям [3]. Другие рекомендуют весенне-летний период (март-июнь), когда время адаптации сокращалось до 4-5 недель (в осенне-зимний период древесные растения проходили адаптацию за более длительный срок – 6-7 недель) [22, 23]. В работах под руководством М.И. Джигадло установлено, что оптимальным временем для адаптации вишни являлся зимний период. Попытки адаптировать растения в летне-осенний период удовлетворительных результатов не дали [2].

7. Субстрат для адаптации. Адаптационные субстраты должны выполнять как традиционные функции (механическую фиксацию и питание растений), так и обеспечивать специфические запросы выращенных *in vitro* растений. В том числе они должны характеризоваться:

- высокой водоудерживающей способностью и одновременно максимальной аэрацией корневого пространства;
- высоким уровнем минерального питания и исключением возможности ожога адаптируемых растений вносимыми удобрениями;
- изначальной стерильностью или возможностью стерилизации без ущерба для других свойств субстрата.

В связи с обилием выполняемых функций, субстраты для адаптации, как правило, являются двух-трехкомпонентными смесями, в которых используются такие исходные вещества как торф, песок, перлит, ионообменные субстраты, биогумус, минеральные удобрения, водоудерживающие препараты.

Торф. Для приготовления субстратов используют верховой и низинный торф.

Верховой торф получается при разложении сосны, пушицы или сфагнума под влиянием атмосферных осадков. Верховой торф имеет бурый или коричневый цвет, добывается из верховых болот. Верховой торф является очень кислым (рН – 3-4) и бедным элементами питания. Фосфора в верховом торфе менее 0,1%, азота – около 1%, калия – 0,05-0,15%.

Низинный торф образуется при разложении зеленого мха, ольхи, осоки под влиянием грунтовых вод, залегают на болотах, расположенных у подножия склонов и в пой-

мах рек. В низинном торфе содержатся в достаточном количестве все питательные вещества. Фосфора в нем значительно больше, чем в верховом торфе – до 1% и более, азота – 2,5-3% (в отдельных месторождениях – до 4%), калия – 0,05-0,15%. Низинный торф чаще является слабокислым или нейтральным, иногда слабощелочным.

Торфосмеси образуются путем комбинирования в различных пропорциях низинного и верхового торфа с известью, природным песком, перлитом и прочими веществами, которые обеспечивают уникальные плодородные свойства [24, 25]. Улучшение свойств торфосмеси достигается добавлением неорганических компонентов. Это позволяет оптимизировать агрохимические характеристики и водно-физические свойства, активизировать микробиологические процессы. В настоящее время торфосмеси представляют собой оптимальные субстраты для выращивания растений в контейнерах (с закрытой корневой системой). Для адаптации растений торфяные субстраты требуют обязательной стерилизации.

Песок придает субстратам рыхлость и пористость, что облегчает проникновение воды и воздуха к корням растений, препятствует развитию мха, грибов и водорослей при выращивании растений в контейнерной культуре. Помимо этого песок при необходимости помогает снижать питательность субстратов. Песок абсолютно негигроскопичен и удерживать влагу не может. Будучи насыпан сверху, крупный песок просто прерывает капиллярный подъем воды вверх, где она быстро испаряется, то есть, он резко сокращает испарение воды из контейнера. Для подготовки субстратов применяют крупнозернистый речной песок. Перед использованием песок промывают или просеивают от мелких частиц и остатков растительности и другого мусора. Крупнозернистый песок применяется для дренажа или как самостоятельный субстрат для черенкования растений. непригоден для приготовления субстратов мелкий красноватый песок, содержащий закисные соединения железа и окислы других металлов, вредные для растений, а также глинистые и иловатые частицы, способный цементировать субстрат.

Агроперлит – это вспученный перлит фракций 1-5 мм, получают путем термической обработки вулканических материалов. Это легкий и пористый материал, белого цвета, разделяется по фракциям, из которых в сельском хозяйстве лучшие результаты получают при применении крупнозернистого перлита [26, 27]. К плюсам перлита нужно отнести его полную стерильность (никакого гниения), в этом он полностью надежен и абсолютно не требует стерилизации перед употреблением [28]. Белый цвет перлита определяет хорошие отражательные способности, верхнему слою субстрата легко отразить световую энергию на нижнюю поверхность листьев, низкая плотность не даст субстрату перегреться как в жаркое время, так и от ламп дневного света. В холодное время субстрат меньше охлаждается. К недостаткам можно отнести неудобство в работе с перлитом – это сильно пылящий в сухом состоянии материал и поэтому перед использованием его следует смочить.

Перлит беден питательными химическими элементами, полностью лишен органики, что является важным показателем при составлении многокомпонентных смесей с заданными свойствами [29]. Перлит при добавке в субстраты значительно улучшает их водно-физические свойства и, тем самым, поглотительную способность корней, питание и рост растений:

- оптимизирует поступление кислорода в субстраты. Известно, что до 98% нужного растению кислорода поступает через его корни. Субстраты, закрытые для кислорода, приводят к тому, что растения погибают. Введение вспученного перлита в тяжелые почвы делает их рыхлыми и легко воздухопроницаемыми.

- улучшает водный режим субстратов. Почва должна одновременно хорошо впитывать воду и также хорошо отдавать ее корням растения. Также хорошо, чтобы вода из почвы не испарялась быстро, и верхний слой не образовывал корочки. Частицы перлита в почве выполняют роль миниатюрных резервуаров воды. При поливе перлитовые частицы впитывают в себя воду до 400% от своего веса, но такая большая гидрофильность не мешает ему легко отдавать эту воду корням растений. Слой субстрата, наполненный перлитом, долго остается равномерно увлажненным. Перлит подтягивает влагу из нижних более влажных слоев к верху, обеспечивая равномерную влажность.

Керамзит – пористый материал хорошо пропускает воду и кислород, с успехом применяется как дренаж при выращивании растений с закрытой корневой системой, при укоренении черенков. Дробленые кусочки керамзита имеют хорошую пористость, характеризуются легкостью, сыпучестью и стерильностью. Керамзит в эксплуатации не нужно часто дезинфицировать, он дешев и химически не вреден для растений. Недостаток – в порах керамзита со временем накапливаются соли, угнетающие растения. Керамзитовый гравий или керамзит – частицы округлой формы с оплавленной поверхностью и порами внутри. Структура пористая, ячеистая. На поверхности его часто имеется более плотная корочка. Качество керамзита характеризуется размером его зерен, объемным весом и прочностью. Цвет керамзитового гравия или керамзита обычно темно-бурый, в изломе – почти черный. Его получают вспучиванием при обжиге легкоплавких глин во вращающихся печах.

AQUASORB – водоудерживающие полимеры, которые, будучи внесены в почву или субстрат, абсорбируют и удерживают большое количество воды и питательных веществ. В отличие от большинства продуктов, подвергающихся гидратации, AQUASORB обладает способностью легко отдавать абсорбированную воду и питательные вещества, обеспечивая растения водой и питательными веществами по мере потребности, в зависимости от стадии цикла абсорбция-выпуск. Это позволяет иметь лучшую корневую систему черенкам и пересаживаемым растениям с закрытой корневой системой. Используется для субстратов в контейнерах и адаптируемых растений. Частота полива обычно уменьшается на 30-50%, кроме того, это понижает трудозатраты и количество используемой воды. AQUASORB можно использовать для окунания корней с целью предотвращения высыхания саженцев во время пересадки или транспортировки на большие расстояния [30].

ROCKWOOL – каменная вата – негорючий материал, используемый в основном для утепления зданий. Природность происхождения каменной ваты позволяет применять ее не только в качестве строительного материала, но и почвенного субстрата для культивирования овощной продукции, выращивания рассады и адаптации растений после культуры *in vitro*. Субстрат производится на 96-98% из расплавленных горных пород – природных нейтральных компонентов. Высокая температура производственного процесса (1500°C) обеспечивает стерильность продукта. Это позволяет не использовать химикаты и получать экологически чистые овощи. Под воздействием мощных потоков воздуха из расплава образуются волокна, которые затем формируются в плиты. В теплоизоляции добавляется водоотталкивающий компонент, а в субстрат – ингредиент, удерживающий влагу [31]. С помощью компьютерной системы агроном может контролировать количество влаги и питательных веществ в растениях. В Польше широко используется субстрат Grodan, как в овощной отрасли, позволяющий повысить урожайность более чем в два раза, так и при выращивании саженцев земляники садовой после культуры *in vitro* [32].

Биогумус (Вермигумус) – это экологически чистое, биологически активное органическое удобрение, образованное методом переработки подготовленных органических отходов (в основном навоза КРС, выдержанного в буртах на протяжении не менее 6 месяцев) с помощью красного калифорнийского червя.

Это концентрированное удобрение содержит в сбалансированном виде целый комплекс необходимых питательных веществ и микроэлементов, ферменты, антибиотики, витамины, гормоны роста и развития растений и может использоваться как компонент приготовления питательных субстратов. В нем содержание органических веществ составляет не меньше 20%, влажность в фракционированном продукте – 65%, рН – 6,5-6,8. Основным недостатком вермигумуса является обязательная его стерилизация перед добавлением в адаптационные субстраты и субстраты для контейнерной культуры.

Ионообменные субстраты содержат все питательные вещества, необходимые для роста растений, в высокой концентрации и безвредной форме (БИОНА, ТРИОНА) [33, 34]. Основа субстратов БИОНА синтетические (КУ-2, ЭДЭ-10П, АН-2Ф, волокнистые иониты ФИБАН и др.) и природные (клиноптилолит) иониты, насыщенные биогенными макроэлементами: K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , Fe^{3+} , NO_3^- , SO_4^{2-} , $H_2PO_4^-$, и микроэлементами: Mn^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , MoO_4^{2-} , $V_4O_7^{2-}$, Co^{2+} , Na^+ , Cl^- .

Разработаны гранульные и волокнистые виды ионообменных субстратов. Гранульные субстраты состоят из гранул неправильной формы оранжевого, желтого, серого цвета размером 0,5-2,5 мм. Волокнистые субстраты представляют собой нетканые иглопробивные (иглопрошивные) материалы толщиной 2-10 мм желтого или оранжево-желтого цвета. Субстраты БИОНА являются полноценной питательной средой для выращивания растений, не требующей внесения удобрений в течение всего срока использования. Содержат 4-8 вес.% питательных элементов, доступных растениям, в обменной осмотически неактивной форме. Имеют нейтральную реакцию, рН водной взвеси 6,0-7,0. Выдерживают стерилизацию и автоклавирование. После истощения могут быть регенерированы по специальной технологии.

Субстраты БИОНА испытаны и дали отличные результаты при выращивании более 150 видов различных растений. Они позволяют стабилизировать минеральное питание растений в течение длительного времени, исключить необходимость периодических удобрительных подкормок, улучшить качество выращиваемых растений, их внешний вид и ускорить рост.

Субстраты БИОНА не содержат органических добавок, семян сорняков, вредителей и возбудителей заболеваний растений. Имеют регулируемый и определенный химический состав и рН. Разработанные методы их получения позволяют создавать новые виды ионообменных питательных сред для конкретных растений, в максимальной степени удовлетворяющих их потребности в минеральном питании. При использовании ионообменный субстрат увлажняют водой до полной влагоемкости и высаживают семена, черенки или растения. В дальнейшем осуществляется периодический полив водопроводной или дистиллированной водой, в соответствии с потребностями растений [35, 33].

Эффективно использование субстрата БИОНА-312, представляющего собой смесь ионообменного субстрата с **клиноптилолитом** (природный цеолит). В плодоводстве применение цеолитов улучшало агрохимические и водно-физические свойства почвы, так как цеолиты удерживают влагу, и тем самым способствуют увеличению вегетативной массы, продуктивности растений [8, 33, 36-39]. Применение ионообменного субстрата в смеси с песком, перлитом и торфом обеспечивает повышение приживаемости черенков гвоздики ремонтантной (до 100%), [33 с. 203-206], ускорение образования кал-

луса у черенков садовой розы, увеличение степени развития корневой системы и обрастания их корневыми волосками [33 с. 203-221]. В работах Г.И. Подлужного применение субстрата, представляющего собой торфосмесь «Двина» с добавлением ионообменного субстрата БИОНА-112, способствовало повышению приживаемости пробирочных растений картофеля в нестерильных условиях, стимуляции ростовых процессов, увеличению выхода микроклубней и средней массы клубня по сравнению с использованием одной торфосмеси [40].

Использование различных добавок в ионообменных субстратах объясняется невысоким содержанием легкоподвижной воды в ионообменном субстрате. В связи с этим появляются трудности в производственных условиях, а добавка перлита, песка или торфа способствует удержанию воды [33 с. 203-221].

По данным, полученным в отделе биотехнологии РУП «Институт плодоводства», для адаптации подвоев яблони оптимальным является ионообменный субстрат и его смесь с перлитом; подвои и сорта вишни эффективно адаптировались на ионообменном субстрате БИОНА-112. Земляника садовая успешно развивается на торфоперлитовом субстрате и также на чистом перлите. Растения смородины черной хорошо переносят пересадку в стерильный субстрат, состоящий из смеси торфа и песка, а также на БИОНА-112 [1].

8. Применение индукторов комплексной устойчивости и физиологически активных веществ при переносе растений-регенерантов в условия *ex vitro* и непосредственно в субстрат для адаптации. Одним из наиболее перспективных и доступных направлений в повышении качества посадочного материала как в полевых условиях, так и после культуры *in vitro* является использование биологически активных веществ и регуляторов роста: эпибрассинолида, эмистина, янтарной кислоты, нафтилуксусной кислоты, дифенилмочевины, этефона, экостема 1/3, биотина, никотиновой кислоты на рост, развитие и на процесс приживаемости черенков облепихи и смородины в условиях *in vivo* и растений ежевики, малины, земляники в условиях *ex vitro* [41, 42, 43, 44].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для оптимизации адаптационных процессов растений плодовых и ягодных культур в условиях *ex vitro* необходимо учитывать все факторы, влияющие на адаптацию, и корректировать их в соответствии с требованиями той или иной культуры. При этом эту работу следует проводить на всех этапах клонального микроразмножения. Особое внимание следует уделять субстратам для адаптации, учитывая потребности различных родов, видов и сортов плодовых и ягодных культур.

Литература

1. Кухарчик, Н.В. Адаптации регенерантов *ex vitro* / Н.В. Кухарчик [и др.] // Плодоводство: сб. науч. ст. / Ин-т плодоводства Нац. акад. наук Беларуси; редкол.: В.А. Матвеев (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2006. – Т. 18, ч. 1. – С. 174-181.
2. Методические рекомендации по использованию биотехнологических методов в работе с плодовыми, ягодными и декоративными культурами / Е.Н. Джигадло, М.И. Джигадло, Л.В. Гольшкіна; под ред. М.И. Джигадло. – Орел: ВНИИСПК, 2005. – 51 с.

3. Трушечкин, В.Г. Микрклональное размножение сортов и подвоев косточковых культур: метод. указ. / В.Г. Трушечкин, В.А. Высоцкий, Е.В. Олешко. – М.: Агропромиздат, 1987. – 16 с.
4. Хаак, Э.Р. Клональное микроразмножение косточковых культур / Э.Р. Хаак, Ю.О. Нууст // Садоводство и виноградарство. – 1989. – № 1. – С. 27-29.
5. Пугачев, Р.М. Особенности размножения растений рода *Prunus* L. в культуре in vitro: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05 / Р.М. Пугачев. – Горки, 2003. – 166 л.
6. McClelland, M.T. The effect of in vitro and ex vitro root initiation on subsequent microcutting root quality in the woody plants / M.T. McClelland, M.A.L. Smith, Z.B. Carothers // Plant cell, tissue and organ culture. – 1990. – № 23. – P. 115-123.
7. Гиголошвили, Т.С. Анатомо-физиологические особенности культурального морфотипа картофеля (*Solanum tuberosum* L.) в условиях биотехнологического производства / Т.С. Гиголошвили // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2000. – № 2. – С. 27-30.
8. Use of natural zeolite (clinoptilolite) in agriculture / E. Polat [et al.] // J. fruit and ornamental plant research. – 2004. – Vol. 12. – P. 183-189.
9. Fabri, A. Anatomical changes in persistent leaves of tissue cultured strawberry plants after removal from culture / A. Fabri // Scientia Horticulturae. – 1986. – № 28. – P. 331-337.
10. Гиголошвили, Т.С. Влияние условий in vitro на структурную организацию вододерживающей системы картофеля / Т.С. Гиголошвили // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 1996. – № 2. – С. 44-49.
11. Королева, Н.Ю. Динамика изменения содержания хлорофилла а и b в листьях сирени обыкновенной и клюквы крупноплодной при адаптации ex vitro / Н.Ю. Королева, В.Л. Филипена, Е.А. Попович // Современные научные исследования в садоводстве. – Ялта, 2000. – Ч. 1. – С. 92-95.
12. The effect of triacontinol on micropropagation of balm, *Melissa officinalis* L. / A. Tantos [et al.] // Plant Cell Rep. – 1999. – Vol. 19. – P. 88-91.
13. Triacontanol – supported micropropagation of woody plants / A. Tantos [et al.] // Plant cell reports. – 2001. – Vol. 20. – P. 16-21.
14. Yue, D. Re-examination of the photosynthetic capacity of in vitro-cultured strawberry plantlets / D. Yue, A. Gosselin, Y. Desjardins // J. Amer. society horticultural sciences. – 1993. – № 118. – P. 419-424.
15. Klerk, G-J. Rooting treatment and the ex vitro performance of micropropagated plants / G-J. de Klerk // Acta Horticulturae. – 2000. – Vol. 530. – P. 277-288.
16. Marin, J.A. High survival rates during acclimatization of micropropagated fruit tree rootstocks by increasing exposures to low relative humidity / J.A. Marin // Acta Horticulturae [Electronic resource]. – 2003. – № 616. – Mode of access: http://www.actahort.org/books/616/616_46.htm. – Date of access: 28.01.05.
17. Virge, V. Effect of ascorbic acid and citric acid on ex vitro rooting and acclimatization of *Prunus avium* L. microshoots / V. Virge // Acta Horticulturae. – 2003. – Vol. 616. – P. 251-254.
18. Чивилева, В.В. Термо- и фотопериод в микроразмножении косточковых культур: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.07 / В.В. Чивилева; ВСТИСП. – М., 2003. – 26 с.
19. Матушкина, О.В. Клональное микроразмножение плодовых и ягодных культур в системе производства высококачественного посадочного материала / О.В. Матушкина, И.П. Пронина // Научные основы эффективного садоводства: труды Всерос. науч.-исслед. ин-та садоводства им. И.В. Мичурина / Рос. акад. с.-х. наук, Всерос.

науч.-исслед. ин-т садоводства им. И.В. Мичурина; под общ. ред. В.А. Гудковского. – Мичуринск, 2003. – С. 327-342.

20. Tadesse, M. Effects of in vitro treatments on leaf area growth of potato transplants during acclimatization / M. Tadesse, W.J.M. Lommen, P.C. Struik // Plant cell, tissue and organ culture. – 2000. – № 61. – P. 50-67.

21. Кильчевский, А.В. Использование регуляторов роста-адаптогенов при переносе микрорастений земляники и вишни в условия in vivo / А.В. Кильчевский, Т.В. Никонович, В.В. Французенок // Актуальные проблемы генетики: материалы 2-й конф. Москов. о-ва генетиков и селекционеров им. Н.И. Вавилова, Москва, 20-21 фев. 2003 г. / Москов. о-во генетиков и селекционеров им. Н.И. Вавилова [и др.]; под ред. А.М. Носова. – М., 2003. – Т. 2. – С. 135-136.

22. Шипунова, А.А. Клональное микроразмножение садовых растений: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.07 / А.А. Шипунова; ВСТИСП. – М., 2003. – 24 с.

23. Атрощенко, Г.П. Особенности клонального микроразмножения различных сортов вишни для выращивания на Северо-Западе РФ / Г.П. Атрощенко, С.Ю. Орлова // Совершенствование сортимента и технологии возделывания косточковых культур: материалы науч.-метод. конф., Орел, 14–17 июля 1998 г. / Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч.-исслед. ин-т селекции плодовых культур; редкол.: В.С. Докукин [и др.]. – Орел, 1998. – С. 12-14.

24. Дмитриев, В.В. Оптимизация составов торфоперлитовых субстратов / В.В. Дмитриев // Производство и применение агроперлита. Опыт, технологии, перспективы: материалы междунар. науч.-практ. конф., г. Киев, 26-28 мая 2008 г. / Нац. бот. сад им. Н.Н. Гришко НАН Украины, Гос. предпр. «Украин. науч.-исслед. и проектно-конструктор. ин-т строит. материалов и изделий «НИИСМИ». – Киев, 2008. – С. 19-24.

25. Кухарчик, Н.В. Использование искусственных субстратов при адаптации плодовых и ягодных растений после культуры in vitro / Н.В. Кухарчик, С.Э. Семенас, Н.В. Волосевич // Производство и применение агроперлита. Опыт, технологии, перспективы: материалы междунар. науч.-практ. конф., г. Киев, 26-28 мая 2008 г. / Нац. бот. сад им. Н.Н. Гришко НАН Украины, Гос. предпр. «Украин. науч.-исслед. и проектно-конструктор. ин-т строит. материалов и изделий «НИИСМИ». – Киев, 2008. – С. 37-42.

26. Гиль, Л.С. Опыт применения агроперлита в малообъемных тепличных субстратах / Л.С. Гиль // Производство и применение агроперлита. Опыт, технологии, перспективы: материалы междунар. науч.-практ. конф., г. Киев, 26-28 мая 2008 г. / Нац. бот. сад им. Н.Н. Гришко НАН Украины, Гос. предпр. «Украин. науч.-исслед. и проектно-конструктор. ин-т строит. материалов и изделий «НИИСМИ». – Киев, 2008. – С. 12-16.

27. Скалий, Л.П. Использование перлита в технологии зеленого черенкования / Л.П. Скалий, Е.Г. Самощенко // Производство и применение агроперлита. Опыт, технологии, перспективы: материалы междунар. науч.-практ. конф., г. Киев, 26-28 мая 2008 г. / Нац. бот. сад им. Н.Н. Гришко НАН Украины, Гос. предпр. «Украин. науч.-исслед. и проектно-конструктор. ин-т строит. материалов и изделий «НИИСМИ». – Киев, 2008. – С. 79-81.

28. Интернет-портал «Фигус в природе и культуре» / Перлит. Агроперлит. – Режим доступа: <http://ficusweb.ru/perlit.html>. – Дата доступа: 30.05.2010.

29. Лукас, М. Беспочвенное выращивание растений в мешках с перлитом в Альмери, Испания / Мануэль Лукас, Педро Агилас // Производство и применение агроперлита. Опыт, технологии, перспективы: материалы междунар. науч.-практ. конф.,

г. Киев, 26-28 мая 2008 г. / Нац. бот. сад им. Н.Н. Гришко НАН Украины, Гос. предпр. «Украин. науч.-исслед. и проектно-конструктор. ин-т строит. материалов и изделий «НИИСМИ». – Киев, 2008. – С. 43-56.

30. Specht, A. Improving water delivery to the roots of recently transplanted seedling trees: the use of hydrogels to reduce leaf loss and hasten root establishment / A. Specht, J. Harvey-Jones // *Forest Research* 1 [Electronic resource]. – 2000. – Mode of access: http://www.forests.gld.gov.au/resadv/magott2/pdf/vol_1_00a_forest_research.pdf.

31. Internet-portal “Growshop.com. Online hydroponics directory”. – Mode of access: <http://www.growshop.com/grow-mediums/rockwool/rockwool-faq.html>. – Date of access: 29.05.2010.

32. Blaabjerg, J. Information on the latest results of growing on GRODAN® / J. Blaabjerg // *Acta Horticulturae* [Electronic resource]. – 1984. – № 150. – Mode of access: http://www.actahort.org/books/150/150_62.htm. – Date of access: 28.02.05.

33. Солдатов, В.С. Ионитные почвы / В.С. Солдатов, Н.Г. Перышкина, Р.П. Хорошко. – Минск: Наука и техника, 1978. – 172 с.

34. Характеристика роста и развития черенковых регенерантов меристемных растений картофеля ранних сортов на ионообменном субстрате ТРИОНА / Т.Г. Янчевская [и др.] // Эффективное овощеводство в современных условиях: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, июль, 2005 г. / НАН Беларуси, Ин-т овощеводства; редкол.: А.А. Аутко [и др.]. – Минск, 2005. – С. 174-176.

35. Интернет-портал Института физико-органической химии НАН Беларуси. – Режим доступа: http://ifoch.bas-net.by/biona2_rus.htm. – Дата доступа: 30.05.2010.

36. Аксененко, В.Ф. Применение природных цеолитов в питомнике косточковых культур / В.Ф. Аксененко, Х.Б. Хапохов // Совершенствование сортимента и технологии возделывания косточковых культур: материалы науч.-метод. конф., Орел, 14-17 июля 1998 г. / Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч.-исслед. ин-т селекции плодовых культур; редкол.: В.С. Докукин [и др.]. – Орел, 1998. – С. 3-5.

37. БИОНА-211 – субстрат для интенсивных технологий / К.В. Бахнова [и др.] // Изв. Акад. аграр. наук Респ. Беларусь. – 1997. – № 1. – С. 47-50.

38. Характеристика продукции, выращенной на цеолитсодержащем субстрате БИОНА-211 и почвогрунте / К.В. Бахнова [и др.] // Изв. Акад. аграр. наук Респ. Беларусь. – 1999. – № 2. – С. 45-48.

39. Szymańska, M. The response of cucumber (*Cucumis sativus* L.) cultivated in the ion exchanger medium BIONA 312 to nickel / M. Szymańska, R. Matraszek, A. Zimba // *Folia horticulturae*. – 2004. – Annalis 16/2. – P. 17-26.

40. Подлужный, Г.И. Использование ионообменных субстратов при выращивании оздоровленных рассады и миниклубней картофеля / Г.И. Подлужный, Т.В. Подлужная // Пути интенсификации земледелия в условиях загрязнения Могилевской области: науч. тр. / Акад. аграр. наук Респ. Беларусь, Могилев. обл. комитет по с.-х. и продовольствию, Могилев. гос. обл. с.-х. опыт. станция; редкол.: Г.М. Пишходский (отв. ред.) [и др.]. – Дашковка, 1998. – С. 44-48.

41. Белопухов, С.Л. Урожайность льна-долгунца и качество волокна при обработке посевов физиологически активными веществами / С.Л. Белопухов // Известия ТСХА. – М., 2003. – № 3. – С. 29-40.

42. Марышев, Н.В. Использование стимуляторов роста при размножении облепихи и смородины одревесневшими черенками / Н.В. Марышев // Проблемы аграрного сектора Южного Урала и пути их решения. – Челябинск, 2002. – Вып. 3. – С. 41-44.

43. Янтарная кислота – миметик салициловой кислоты / И.А. Тарчевский [и др.] // Физиология растений. – 1999. – Т. 46, № 1. – С. 23-28.

44. Янчевская, Т.Г. Влияние эпибрасинолида на рост, развитие и продуктивность черенковых регенерантов меристемных растений картофеля (*Solanum tuberosum* L.) / Т.Г. Янчевская, Н.А. Копылова, Т.Б. Макарова // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2006. – № 1. – С. 23-26.

ADAPTATION PROCESS OF PLANT REGENERANTS AFTER IN VITRO IN EX VITRO CONDITIONS AND WAYS TO IMPROVE IT

T.A. Krasinskaya, N.V. Kukharchik, M.S. Kastritskaya

SUMMARY

In the review article the information about problems to adapt plants after in vitro culture to natural conditions is described. The main morphological and physiological plant distinctions conditional by cultivating are shown. The article describes that to optimize adaptation process of fruit plants in ex vitro conditions, the all factors influencing on adaptation are needed to be taken account of and corrected due to the species requirements. And this work should be done at the all stages of micropropagation and at the stage of transferring plants to ex vitro conditions. Application of physiologically active substances is effective, because they can be adaptogenes and stimulate physiological presses during adaptation. Adaptation substrates should be paid attention for, taking into accoun the special requirements of species, genera and varieties.

Key words: adaptation ex vitro, adaptation factors, BIONA, TRIONA, ROCKWOOL, AQUASORB, agroperlite, claydite, biohumus, peat, zeolite, physiologically active substances, Belarus.

Дата поступления статьи в редакцию 16.04.2010