

2. Плодородие почв и применение удобрений

6. Борисов, В.А. Удобрение овощных культур / В.А. Борисов. – М.: Колос, 1975. – 207 с.
7. Журбицкий, З.И. Физиологические и агрохимические основы применения удобрений / З.И. Журбицкий. – М.: АН СССР, 1963. – 294 с.
8. Сабинин, Д.А. Избранные труды по минеральному питанию растений / Д.А. Сабинин. – М.: Наука, 1971. – 512 с.
9. Церлинг, В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур: справочник / В.В. Церлинг. – М.: Агропромиздат, 1990. – 235 с.

METHODS OF DEFINITION SUPPLYING OF VEGETABLE CROPS BY NUTRIENTS

N.N. Semenenko, N.J. Zhabrovskaja, T.A. Vorob'eva

Summary

Methods of definition of mineral nitrogen, phosphorus and potassium compounds in plants are founded on their extraction from weight crude vegetative mass of 0,2 M by an acetic acid solution at correlation of plant mass and solution 1:10 with the subsequent definition nitrogen of nitrates and ammonium and phosphorus – in the form of the painted compounds, potassium – on flaming photometer.

Поступила 18.04.13

УДК 631.53.033*635.925

АДАПТАЦИЯ РЕГЕНЕРАНТОВ ДАЛЕКАРЛИЙСКОЙ БЕРЕЗЫ (*BETULA PENDULA* ROTH. VAR. *DALECARLICA* SCHNEID.) К УСЛОВИЯМ *EX VITRO* НА СУБСТРАТАХ РАЗЛИЧНОГО СОСТАВА

А.В. Константинов, Д.В. Кулагин, И.М. Баландина, В.Е. Падутов
Институт леса НАН Беларуси, г. Гомель, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Сады и парки – важнейшие элементы водно-зеленых систем ландшафтов населенных территорий. Создание новых и реконструкция существующих зеленых зон связано с решением ведущих социальных задач – организацией территории для досуга населения и улучшением окружающей среды [1].

Повышение разнообразия древесно-кустарникового ассортимента городского и частного озеленения в последнее время осуществляется за счет посадок большого количества декоративных садовых форм. Значительного увеличения

декоративности городских садов и парков можно достигнуть в случае использования малораспространенных и редких древесных видов, хорошо зарекомендовавших себя в ботанических коллекциях [2].

Ряд декоративных форм встречается среди разновидностей березы повислой (*Betula pendula* Roth.). Особое место занимает далекарлийская береза (*Betula pendula* Roth. var. *dalecarlica* Schneid.). Во взрослом состоянии это растение представляет собой высокое стройное дерево до 25–30 м высотой, характеризующееся перистораздельной листовой пластинкой с узкими длинными лопастями и редкозубыми краями, морозостойкое, светолюбивое, дымо- и газоустойчивое.

Декоративность данной формы сочетается с быстротой роста и крайней неприхотливостью к почвенным условиям, что дает возможность широко использовать ее в целях озеленения даже в местах с суровым климатом и бедными почвами [3, 4].

Семена, образующиеся у далекарлийской березы, имеют достаточно высокую всхожесть, но признак рассеченности листовой пластинки, который определяет ее декоративность, в потомстве практически не сохраняется. При семенном размножении рекомендуется проводить строгий отбор сеянцев с наиболее рассеченными листьями [5, 6].

В случае использования вегетативного размножения, потомство сохраняет все признаки и свойства материнского растения. Наряду с традиционным способом получения вегетативного потомства далекарлийской березы (черенкование), существует возможность применения метода клонального микроразмножения. Его преимущество заключается в получении растений в больших количествах за малые промежутки времени, то есть в высоком коэффициенте размножения (до 10^4 – 10^5 саженцев кустарниковых и древесных пород в год из одного черенка) [7, 8].

Заключительным, наиболее ответственным и трудоемким этапом, от которого зависит успех процесса клонального микроразмножения, является адаптация растений-регенерантов на почвенных субстратах (*ex vitro*) после их пересадки из стерильных условий выращивания на искусственную агаризованную среду (*in vitro*).

Растения, полученные в культуре тканей, имеют измененный характер физиологических процессов (нарушения в деятельности устьичного аппарата, недостаточное развитие корневых волосков и др.), а для нормального роста в почвенных условиях им необходимо претерпеть глубокую перестройку обменных процессов и морфологических структур. В связи с чем существует необходимость подбора и тщательного соблюдения условий выращивания адаптируемых растений, что позволяет избежать остановки в росте, опадения листьев и подготовить посадочный материал к росту в условиях открытого грунта [9, 10].

Состав и свойства субстрата могут оказывать положительное влияние на процесс адаптации регенерантов березы *ex vitro* и являются одним из ключевых факторов успешной акклиматизации микрклональных растений [11]. На практике в ходе приготовления почвенных смесей в них вносят как естественные (речной песок, торф, сфагновый мох), так и искусственные (агроперлит, минеральное волокно) компоненты, что позволяет изменять механический состав готовых

2. Плодородие почв и применение удобрений

субстратов в широких пределах. Добавление агроперлита в субстрат позволяет изменять его влагоемкость, воздухопроницаемость и механический состав, создавая оптимальную воздушно-влажную среду для развития корневой системы растений [12].

Целью работы было изучение влияния состава субстрата на процесс адаптации растений-регенерантов далекарлийской березы к почвенным условиям.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работа проводилась в лаборатории генетики и биотехнологии Института леса НАН Беларуси. Для проведения исследования был выбран клон «Рл3» из коллекции культур *in vitro*. Данный клон был передан в 2006 г. в порядке обмена старшим научным сотрудником НИИ лесной генетики и селекции (г. Воронеж) к.б.н. Машкиной О.С. Материнское дерево произрастает в Главном ботаническом саду (г. Москва). Внешний вид далекарлийской березы представлен на рис. 1.



Рис. 1. Внешний вид листовой пластинки и дерева березы далекарлийской

Культивирование растений *in vitro* проводилось на безгормональной агаризованной питательной среде для древесных растений WPM [13] при температуре $25 \pm 1^\circ \text{C}$ и освещенности 2,5–3 тыс. люкс.

В период адаптации растения выращивались в кассетах с ячейками объемом 70 мл. При посадке растений проводилось укорачивание корней до длины 1–1,5 см. Процесс адаптации включал выращивание растения в лабораторных условиях и в закрытом грунте.

В ходе лабораторного этапа микроклональные растения помещались в климатическую камеру, где поддерживались следующие условия: постоянное освещение лампами марки «Osram Fluora» (1,5–2 тыс. лк), температура $21\text{--}23^\circ \text{C}$ и относительная влажность воздуха 70–90 %. Продолжительность культивирования растений составила 45 суток. После чего посадочный материал выращивался в сходных условиях, но при относительной влажности воздуха 50–55 % в течение месяца. Количество исследуемых растений в каждом варианте составляло 54 шт.

Растения отбирались случайным образом, рандомизация выборки подтверждалась проведением однофакторного дисперсионного анализа показателей высоты стволиков микроклональных растений между вариантами перед высадкой. Статистические значения критерия Фишера ($F_{от}$) при сравнении контрольной выборки с первым и вторым опытными вариантами равнялись 0,33; 3,64 и 2,81 соответственно и не превышали критическое значение ($F_{кр}$) 3,93 при уровне значимости $p > 0,05$, что говорит об отсутствии достоверных отличий высоты регенерантов для адаптации.

Для выращивания растений далекарлийской березы были использованы следующие составы субстратов:

1) смесь нераскисленного верхового торфа с песком в соотношении 3:1 (контроль); 2) смесь торфа с песком с добавлением агроперлита в соотношении 3:1:1; 3) смесь торфа с песком с добавлением агроперлита в соотношении 3:1:2.

По окончании лабораторного этапа адаптации посадочный материал пересаживали в контейнеры объемом 1,2–1,5 л и выращивали в пленочной теплице (в питомнике Корневской экспериментальной лесной базы Института леса НАН Беларуси) до окончания вегетационного периода. В качестве субстрата использовалась смесь нераскисленного верхового торфа с песком в соотношении 3:1.

Уход за растениями заключался в регулярном поливе и поддержании высокой влажности воздуха и проветривании теплицы.

Агрохимические показатели торфопесчаных субстратов (3:1), применявшихся на различных этапах адаптации, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Агрохимические показатели субстратов

Показатель	Адаптация в лабораторных условиях	Выращивание в теплице Корневской ЭЛБ
pH KCl	2,8	4,6
H_r	17,6	9,2
Степень насыщения основаниями, %	12,64	52,49
P_2O_5 , мг/100 г	7,08	13,66
K_2O , мг/100 г	1,61	1,55
N, общ. %	0,156	0,251
P, общ. %	0,013	0,038
K, общ. %	0,022	0,030
$N_{\text{легк.}}$, мг/100 г	9,18	8,06
Ca+Mg, мг-экв/100 г	2,55	10,16
Ca, мг-экв/100 г	1,75	7,24
Mg, мг-экв/100 г	0,80	2,92

2. Плодородие почв и применение удобрений

После прохождения двух этапов адаптации к почвенным условиям посадочный материал далекарлийской березы был высажен в школьное отделение питомника Корневской экспериментальной лесной базы для дорастивания.

Морфологическое развитие растений оценивали по показателю высоты стволика от поверхности субстрата до последней развитой почки (см). Учитывались процент выживших регенерантов далекарлийской березы и динамика прироста растений в ходе адаптации к нестерильным условиям. Также проводили замер растений в конце сезона вегетации (после 3 месяцев адаптации в теплице). Для определения достоверности различий вариантов в сравнении с контролем вычисляли **F-критерий**. Статистическая обработка данных проводилась с применением программного пакета анализа Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ результатов, полученных в ходе адаптации растений в лабораторных условиях, показал, что состав субстратов оказывал влияние на приживаемость регенерантов и их последующий рост. Сравнение средних показателей высоты стволиков регенерантов в вариантах опыта с использованием агроперлита и контроле показало достоверные различия при уровне значимости $p < 0,05$. Данные по средней высоте стволика, величине прироста и приживаемости растений представлены в таблице 2.

Таблица 2

Средняя высота стволика и величина прироста растений

Вариант опыта	Средняя высота стволика, см				Прирост		Приживаемость, %
	на 3 день	2 недели	1 месяц	1,5 месяца	см	%	
Торф:песок (3:1)	$2,8 \pm 0,7$	$3,0 \pm 0,8$	$3,6 \pm 1,0$	$4,4 \pm 1,0$	1,6	58,2	88,8
Торф:песок:перлит (3:1:1)	$2,9 \pm 0,8$	$3,6 \pm 0,9$	$4,6 \pm 1,1$	$5,6 \pm 1,1$	2,7	94,7	94,4
Торф:песок:перлит (3:1:2)	$3,3 \pm 0,9$	$3,4 \pm 0,9$	$4,2 \pm 0,9$	$5,9 \pm 1,1$	2,6	79,5	100

Средняя высота стволика растений контрольного варианта в конце периода адаптации составила $4,4 \pm 1,0$ см, в варианте с соотношением компонентов субстрата 3:1:1 получены растения средней высотой $5,6 \pm 1,1$ мм (достоверное отличие от контроля $F_{ст} = 29,1 > F_{кр} = 3,9$ при $p < 0,05$). В случае добавления двух частей агроперлита значение данного параметра несколько выше и отмечено на уровне $5,9 \pm 1,1$ мм $F_{ст} = 49,7 > F_{кр} = 3,9$ при $p < 0,05$. Между вариантами опыта достоверных значимых отличий не отмечено $F_{ст} = 2,3 < F_{кр} = 3,9$ при $p > 0,05$.

Прирост растений в динамике анализировался для изучения процесса приспособления регенерантов к почвенным условиям. Выявлены различия в интенсивности прироста между растениями в вариантах опыта и контроле. Динамика прироста адаптируемых растений по периодам представлена на рисунке 2.

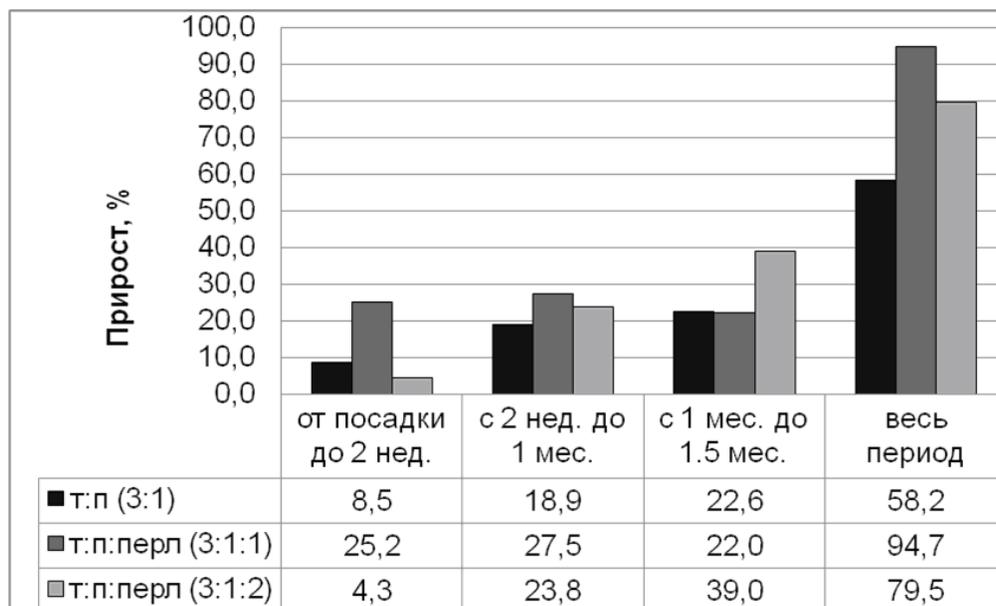


Рис. 2. Интенсивность прироста микроклональных растений в динамике

Растения контрольного варианта характеризовались низким приростом за период адаптации, который составил 1,6 см, или 58,2 % относительно исходной высоты регенерантов, отмечали линейный характер прироста растений. Приживаемость растений в контрольной группе 88,8 %.

Несмотря на то, что в вариантах опыта с внесением в субстрат агроперлита значения величины прироста растений очень близки – 2,7 см и 2,6 см соответственно, и между ними не установлено достоверных отличий, процентное соотношение прироста различалось. Наиболее интенсивный прирост к исходной высоте регенерантов (94,7 %) отмечен в варианте с соотношением компонентов субстрата 3:1:1, что указывает на быструю акклиматизацию растений после переноса нестерильных условий. Регенеранты, в указанном варианте и культивировавшиеся на смеси, содержащей две части агроперлита, характеризовались приростом после полутора месяцев адаптации, составившим 79,5 %.

Отмечено, что прирост растений в динамике различался по опытным вариантам. В случае добавления одной части агроперлита он был интенсивный, однако к концу периода адаптации несколько снизился и сравнялся с таковым в контрольном варианте. В то же время в варианте с внесением двух частей агроперлита в субстрат сохранялся линейный характер прироста, что говорит о

2. Плодородие почв и применение удобрений

наиболее успешном приспособлении растений к почвенным условиям по сравнению с другими опытными группами и переходе к активному развитию. Кроме того, приживаемость растений в указанном варианте была максимальной (100 %), а при внесении одной части агроперлита данный показатель был равен 94,4 %.

Таким образом, на лабораторном этапе адаптации внесение в субстрат агроперлита положительно повлияло на рост растений далекарлийской березы *ex vitro*.

В ходе анализа показателей высоты стволиков далекарлийской березы в конце вегетационного сезона было установлено, что адаптация растений на субстратах различного механического состава влияла на их последующий рост в условиях закрытого грунта в пленочной теплице.

Средняя высота растений в контрольном варианте составила $17,3 \pm 6,3$ см после трех месяцев выращивания саженцев далекарлийской березы в условиях закрытого грунта. Анализируемый показатель для растений, лабораторный этап адаптации которых проходил на субстрате с соотношением торфа песка и агроперлита 3:1:1, достигал $19,7 \pm 9,7$ см и достоверно от контроля не отличался ($F_{\text{ст}} = 1,9 < F_{\text{кр}} = 3,9$ при $p > 0,05$). Показатели в данном варианте характеризовались значительным разбросом значений, что говорит о разной степени приспособленности растений к воздействию факторов внешней среды. Наибольшая средняя высота стволика ($23,6 \pm 7,7$ см) отмечена у растений, адаптированных на субстрате с добавлением двух частей агроперлита. Морфометрические показатели растений этого варианта достоверно и значительно отличались как от контрольной группы, так и от растений, адаптированных на субстрате с добавлением одной части агроперлита $F_{\text{ст}} = 29,8$ и $F_{\text{ст}} = 10,2 > F_{\text{кр}} = 3,9$ при $p < 0,05$ соответственно.

Показатели приживаемости саженцев далекарлийской березы в конце вегетации составили: 81 % в контрольном варианте, 85 % в варианте с адаптацией регенерантов на субстрате с добавлением 1 части агроперлита. Для растений опытной группы, адаптированной на субстрате с 2 частями агроперлита, значение показателя приживаемости отмечено на уровне 90 %.

Интенсивное развитие саженцев, выращиваемых на данном субстрате, в первую очередь, можно объяснить различной степенью развития корневых систем. Хорошо сформированная подземная часть способствовала акклиматизации растений и повышению устойчивости к стрессовым факторам среды. Кроме того, извлечение растений из субстрата, содержащего агроперлит, при пересадке проходит с минимальным повреждением корневой системы, что минимизирует стресс у растений.

Оптимизация состава субстрата, применяемого на различных этапах выращивания микроклонально размноженного посадочного материала древесных растений, позволяет повысить его устойчивость к негативному влиянию стрессовых факторов, что выражается в усилении процессов роста и развития растений.

Результаты измерения морфометрических показателей и приживаемости растений, выращенных на субстрате из смеси торфа, песка и агроперлита (соотношение 3:1:2), позволяют рекомендовать его для использования при адаптации *ex vitro* пробирочных растений к нестерильным почвенным условиям для получения качественного микроклонально размноженного посадочного материала далекарлийской формы березы повислой.

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований показано, что механический состав субстратов, на которых проходили начальные этапы адаптации микроклональных растений, оказывает значительное влияние на их рост и развитие в ходе дорацивания посадочного материала в условиях закрытого грунта.

Изменение соотношения компонентов субстрата на начальных этапах адаптации растений *ex vitro* оказывает влияние на динамику прироста микроклонально размноженных растений далекарлийской березы.

После дорацивания в условиях теплицы максимальная приживаемость растений в конце периода вегетации (90 %) и высота стволика ($23,6 \pm 7,7$ см) были достигнуты при использовании на предварительном (лабораторном) этапе адаптации почвенной смеси, состоящей из верхового торфа, песка и агроперлита в соотношении 3:1:2.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сычева, А.В. Ландшафтная архитектура: учеб. пособие / А.В. Сычева. – М.: ОНИКС 21 век, 2004. – 87 с.
2. Клименко, А.В. Малоприменяемые в озеленении Киева декоративные древесные растения коллекции НБС / А.В. Клименко, А.Д. Дьяченко // Проблемы современной дендрологии: материалы междунар. науч. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения член-кор. АН СССР П.И. Лапина, Москва, 30 июня – 2 июля 2009 г. / Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН; редкол.: А.С. Демидов [и др.]. – Москва, 2009. – С. 456–460.
3. Аксенова, Н.А. Деревья и кустарники для любительского садоводства и озеленения / Н.А. Аксенова, Л.А. Фролова. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 160 с.
4. Антипов, В.Г. Декоративная дендрология / В.Г. Антипов. – Минск: Дизайн ПРО, 2000. – 280 с.
5. Ветчинникова, Л.В. Использование биотехнологии для воспроизводства редких представителей семейства *Betulaceae* в Карелии / Л.В. Ветчинникова, Т.Ю. Кузнецова // Современное состояние, проблемы и перспективы лесовосстановления и лесоразведения на генетико-селекционной основе: материалы междунар. науч. конф., Гомель, 8–10 сент. 2009 г. / Ин-т леса НАН Беларуси; редкол.: А.И. Ковалевич [и др.]. – Гомель, 2009. – С. 27–31.
6. Карпун, Ю.Н. Субтропическая декоративная дендрология: справочник / Ю.Н. Карпун. – СПб, 2010. – 580 с.
7. Васильева, О.Г. Возможности и перспективы клонального микро-размножения интродуцированных видов рододендрона / О.Г. Васильева // Вес. Красноярского гос. аграрн. ун-та. – 2008. – № 3. – С. 120–125.
8. Сельскохозяйственная биотехнология: учеб. пособие / В.С. Шевелуха [и др.]; под общ. ред. В.С. Шевелухи. – М.: Высшая школа, 1998. – 416 с.
9. Инюткина, А.Г. Адаптация *in vivo* растений-регенерантов полыни эстрагон (*Artemisia dracuncululus* L.) / А.Г. Инюткина // Актуальні проблеми ботаніки та екології: матеріали міжнар. конф. молодих учених, м. Кременець, 11–15 серп. 2009 р. / Кременецький ботанічний сад; редкол.: Є.Л. Кордюм [та інш.]. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2009. – С. 181–183.

2. Плодородие почв и применение удобрений

10. Маркова, И.А. Современные проблемы лесовыращивания (лесокультурное производство): учеб. пособие / И.А. Маркова. – СПб.: СПбГЛТА, 2008. – 152 с.
11. Влияние механического состава торфяного субстрата на адаптацию регенерантов различных клонов карельской березы (*Betula pendula* Roth var *carelica* Merckl) / А.В. Константинов [и др.] // Регуляция роста, развития и продуктивности растений: материалы VII Междунар. науч. конф., Минск, 26–28 окт. 2011 г. / Ин-т экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси; редкол.: А.Ф. Судник [и др.]. – Минск: Право и экономика, 2011. – С. 106.
12. Гиль, Л.С. Проблемы оптимизации воздушного режима тепличных субстратов / Л.С. Гиль // Гавриш. – 2008. – № 5. – С. 10–12.
13. Lloyd, G. Commercially-feasible micropropagation of mountain laurel, *Kalmia latifolia* by use of shoot-tip culture / G. Lloyd, B. McCown // Proc. Inter. Plant Prop. – 1980. – Vol. 30. – P. 421–427.

ACCLIMATIZATION OF PLANTS OF SILVER BIRCH DECORATIVE FORM (*BETULA PENDULA* ROTH. VAR. *DALECARLICA* SCHNEID.) TO *EX VITRO* CONDITIONS ON SUBSTRATES WITH DIFFERENT COMPOSITION

A.V. Konstantinov, D.V. Kulagin, I.M. Balandina, V.E. Padutov

Summary

The paper describes the results of the research on the optimization of the acclimatization procedure of propagated *in vitro* planting stock of birch decorative form (*Betula pendula* Roth. var. *dalecarlica* Schneid.). This woody plant is promising for use in the city and private landscaping. Optimal soil substrate for acclimatization to non-sterile conditions is a mixture of peat, sand and perlite in the ratio 3:1:2 respectively.

Поступила 17.04.13