

УДК 634.7

## ПОВЫШЕНИЕ АДАПТАЦИИ МИКРОРАСТЕНИЙ МАЛИНЫ И ЕЖЕВИКИ В УСЛОВИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

**Роман Валериевич Папихин**

кандидат сельскохозяйственных наук

rom10@mail.ru

**Светлана Александровна Муратова**

кандидат биологических наук

smuratova@yandex.ru

**Андрей Викторович Бекетов**

кандидат экономических наук, доцент

andey\_beketov@mail.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

**Аннотация.** В статье рассмотрены отдельные аспекты культивирования растений *in vitro* и *in vivo*, проведены исследования растений ежевики, размноженные методом клонального микроразмножения в условиях *in vitro*, с целью повышения эффективности адаптации и выхода высококачественного посадочного материала, в субстрат добавлен минеральный компонент, сделаны выводы о том, что калий играет важную роль в культивировании растений при интенсивном доращивании в теплице, поскольку происходит его активное поглощение для функционирования физиологических процессов, а снижение уровня калия в растительных тканях связано с закреплением калия удобрений в решетке цеолита в первые сроки культивирования с постепенной отдачей в дальнейшем.

**Ключевые слова:** растения рода *Rubus*, ежевика, культивирование растений *in vitro* и *in vivo*, клональное микроразмножение, почвенный субстрат, минеральный компонент.

Условия культивирования *in vitro*, значительно отличаются от условий *in vivo* и индуцируют образование уникального культурального фенотипа растения. Продолжительное нахождение эксплантов в таких условиях вызывает разнообразные анатомические и физиологические аномалии. У растений *in vitro*, выращенных почти при 100% влажности воздуха, устьица всегда широко открыты. У листьев отсутствует эпикутикулярный воск, что приводит к чрезмерной потере воды и плохой фотосинтетической способности [4].

Дополнительным фактором, препятствующим успешной адаптации растений *ex vitro* является слабая корневая система, которая не приспособлена к самостоятельному поглощению и не в состоянии восстановить потери воды растением в результате возросшей транспирации. Корни *in vitro* растений не имеют корневых волосков, их проводящая система слабо развита, клетки сильно увеличены, и, как показывают исследования, их роль в обеспечении жизнедеятельности растений, в частности ягодных культур, незначительна [4].

Дополнительная гибель растений может происходить вследствие высокой инфекционной нагрузки, создаваемой при использовании нестерильного почвенного субстрата, где при повышенной влажности и благоприятной температуре быстро развиваются бактерии, грибы [2].

Технологии адаптации включают подбор субстрата и оптимальных условий для адаптации, роста и развития микрорастений – освещенности, фотопериода, влажности воздуха и субстрата, температурный режим. Немаловажным фактором является определение оптимальных сроков высадки растений-регенерантов в почву [4].

Таким образом, адаптация является ключевым этапом успешного размножения большинства растений *in vitro*. Только отработка эффективной технологии перевода микрорастений в нестерильные условия делает возможным промышленное микроразмножение садовых культур [1, 3, 6-7].

Биологическими объектами исследования служили растения рода *Rubus*, ежевика сорта Дойл. Включенные в исследования растения ежевики были

размножены методом клонального микроразмножения в условиях *in vitro* для обеспечения генетической и морфологической выровненности [5]. Далее микрорастения были высажены для адаптации в апреле 2025 года (срок измерений и анализов 60 суток) минипарники в кассетах на 54 ячейки (V ячейки - 80 мл) в субстрат на основе нейтрального минерализованного верхового сфагнового торфа марки «Агробалт-С».

С целью повышения эффективности адаптации и выхода высококачественного посадочного материала, в субстрат добавляли минеральный компонент. Для приготовления активного минерального компонента использовали в основе кремнийсодержащий препарат «Доктор Грунт», который выполнял функцию гигроскопичного носителя [5].

Данный препарат в силу высокой гигроскопичности опрыскивали минеральными водорастворимыми удобрениями в составе:

1 вариант – N:P:K 13:41:13 + микроэлементы (Fe (ДТПА) – 0,054%; Zn (ЭДТА) – 0,014%; Cu (ЭДТА) – 0,01%; Mn (ЭДТА) – 0,042%; Mo – 0,004; B – 0,02%), из расчёта 20 г удобрения на 1 литр ЦМК «Доктор Грунт»;

2 вариант - N:P:K 13:41:13 + микроэлементы (Fe (ДТПА) – 0,054%; Zn (ЭДТА) – 0,014%; Cu (ЭДТА) – 0,01%; Mn (ЭДТА) – 0,042%; Mo – 0,004; B – 0,02%) из расчёта 30 г удобрения на 1 литр ЦМК «Доктор Грунт»;

3 вариант - N:P:K 13:5:25 + 2MgO + 8S, из расчёта 20 г удобрения на 1 литр ЦМК «Доктор Грунт»;

4 вариант - N:P:K 13:5:25 + 2MgO + 8S, из расчёта 30 г удобрения на 1 литр ЦМК «Доктор Грунт»;

5 вариант - N:P:K 18:18:18 + MgO – 2%; S – 1,5%; Fe (ДТПА) – 0,054%; Zn (ЭДТА) – 0,014%; Cu (ЭДТА) – 0,01%; Mn (ЭДТА) – 0,042%; Mo – 0,004; B – 0,02%, из расчёта 20 г удобрения на 1 литр ЦМК «Доктор Грунт»;

6 вариант - N:P:K 18:18:18 + MgO – 2%; S – 1,5%; Fe (ДТПА) – 0,054%; Zn (ЭДТА) – 0,014%; Cu (ЭДТА) – 0,01%; Mn (ЭДТА) – 0,042%; Mo – 0,004; B – 0,02%, из расчёта 30 г удобрения на 1 литр ЦМК «Доктор Грунт».

Контролем служил субстрат на основе торфа Агробалт –С (К) и субстрат на основе торфа Агробалт –С с ЦМК «Доктор Грунт» (К1).

В вариантах 1-6 и К1, ЦМК «Доктор Грунт» добавляли в субстрат Агробалт-С в пропорции 5:95 по объёму.

Период адаптации и дорастивания составлял 60 дней. После чего проводили морфометрические исследования адаптированных растений по следующим признакам: высота растений, количество листьев, масса побега, масса корня.

Для учёта веса каждого растения, извлекали его из кассеты и промывали корневую систему в проточной воде до полного отделения субстрата. После этого растение помещали между двумя листами фильтровальной бумаги и прижимали. Эту процедуру повторяли три раза. Затем скальпелем отделяли корневую систему от надземной части и взвешивали по отдельности.

В каждом варианте опыта было по 27 растений. Опыт имел четырёхкратную повторность.

Химический анализ содержания макро- и микроэлементов в растительных тканях показал, что применение цеолита с минеральными удобрениями при дорастивании растений ежевики (в течении 70 суток) повышает их зольность во всех вариантах. Так, в контроле (торф) это значение составляет 7,26 % от сухой массы, в контроле с не насыщенным цеолитом 6,75%, а в опытных вариантах показатель варьирует от 10,01 % (вариант 1) до 12,77% (вариант 5). Экстраполируя эти данные на морфометрические показатели, видно, что в вариантах 1 и 6 (самая большая длина побегов и количество листьев) значения зольности в опытных вариантах самые низкие (вариант 1 - 10,01%, вариант 6 – 10,30%).

В первом минеральном комплексе (вариант 1 и 2) не зафиксировано снижение макро- и микроэлементов в тканях по сравнению с контролем, а на оборот, повысилось содержание общего азота, фосфора, кальция, меди и бора.

Во втором минеральном комплексе (вариант 3 и 4), где отсутствовал комплекс микроэлементов проявилось снижение уровня марганца и молибдена,

но меди и бора растительные ткани содержали выше контроля. Общий азот и фосфор, также были выше контрольных значений.

Культивирование растений малины и ежевики с применением третьего комплекса (вариант 5 и 6) предполагал повышение основных показателей, поскольку N:P:K в этом случае имел высокие значения. В результате уровень общего азота и фосфора был выше контрольных значений. Однако, уровень калия, как и в предыдущих вариантах был в пределах исходных значений.

Таким образом, можно предположить, первое, что калий играет важную роль в культивировании растений при интенсивном доращивании в теплице, поскольку происходит его активное поглощение для функционирования физиологических процессов.

Во-вторых, снижение уровня калия в растительных тканях связан с закреплением калия удобрений в решетке цеолита в первые сроки культивирования и с постепенной отдачей в дальнейшем.

В результате химического анализа можно сделать вывод, что применение цеолитсодержащих минеральных комплексов повышает уровень макро- и микроэлементов в растительных тканях, то есть происходит поглощение растительными организмами тех химических элементов, которые необходимы для нормального функционирования физиологических процессов, из разрабатываемого продукта.

*Исследования проводились в рамках договора на выполнение научно-исследовательских работ от 30.01.2025 г. №4/НИР по теме «Возделывание в защищенном грунте и экономическое обоснование режима инфракрасной сушки малины и ежевики»*

#### **Список литературы:**

1. Бекетов А. В. Состояние овощеводства в России и факторы роста урожайности овощей // Продовольственная безопасность в условиях

международных санкций: сборник научных трудов. Мичуринск: Мичуринский государственный аграрный университет, 2017. С. 247-251. EDN UPKEXM.

2. Влияние спектрального состава светодиодного досвечивания на рост и развитие микрорастений рода *Rubus* L. на этапе адаптации / М. Л. Дубровский, Р. В. Папихин, С. А. Муратова и др. // Достижения науки и техники АПК. 2024. Т. 38, № 9. С. 17-24. DOI 10.53859/02352451\_2024\_38\_9\_17. EDN KOIBZT.

3. Кувшинов В. А., Бекетов А. В. Современное состояние регионального сельского хозяйства и меры его государственной поддержки // Наука и Образование. 2020. Т. 3. № 3. С. 89. EDN CEEEUW.

4. Муратова С. А., Шорников Д. Г., Янковская М. Б. Размножение садовых культур *in vitro* / Мичуринск: Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и селекции плодовых растений им. И. В. Мичурина, 2008. 68 с. ISBN 978-5-88934-379-0. EDN BQAGDB.

5. Папихин Р. В., Муратова С. А., Коротков А. А. Применение цеолитсодержащих препаратов на этапе адаптации микрорастений // Селекция и сортоизучение плодовых и ягодных культур: сборник научных трудов международной научно-практической конференции, Кинель, 16–17 ноября 2023 года. Кинель: Самарский государственный аграрный университет, 2024. С. 96-102. EDN QMAVKV.

6. Современное состояние и эффективность овощеводства в Российской Федерации / Л. А. Смирнова, А. В. Никитин, И. А. Минаков, А. В. Бекетов // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2010. № 1. С. 42-45. EDN KZKPXV.

7. Экономика и организация производства овощей / И. А. Минаков, А. В. Никитин, Н. П. Касторнов и др. // Мичуринск: Мичуринский государственный аграрный университет, 2010. 184 с. ISBN 978-5-94664-211-8. EDN RWSWPZ.

UDC 634.7

## INCREASING THE ADAPTATION OF RASPBERRY AND BLACKBERRY MICROPLANTS IN PROTECTED GROUND CONDITIONS

**Roman V. Papikhin**

candidate of agricultural sciences

parom10@mail.ru

**Svetlana Al. Muratova**

candidate of biological sciences

smuratova@yandex.ru

**Andrey V. Beketov**

candidate of economic sciences, associate professor

andey\_beketov@mail.ru

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

**Abstract.** This article examines certain aspects of in vitro and in vivo plant cultivation. Blackberry plants propagated by clonal micropropagation in vitro were studied to improve adaptation efficiency and yield of high-quality planting material. A mineral component was added to the substrate. It is concluded that potassium plays an important role in plant cultivation during intensive greenhouse cultivation, as it is actively absorbed for phytogenesis. The decrease in potassium levels in plant tissues is associated with the fixation of potassium fertilizers in the zeolite lattice during the initial stages of cultivation, with gradual release thereafter.

**Keywords:** Rubus genus, blackberry, in vitro and in vivo plant cultivation, clonal micropropagation, soil substrate, mineral component.

Статья поступила в редакцию 25.02.2026; одобрена после рецензирования 20.03.2026; принята к публикации 31.03.2026.

The article was submitted 25.02.2026; approved after reviewing 20.03.2026; accepted for publication 31.03.2026.