

Е.А.Шаденова\*, М.А. Кайгермазова, М.Т.Сембеков

РГП «Институт генетики и физиологии» КН МНВО РК, г.Алматы, Республика Казахстан, [shadel08@mail.ru](mailto:shadel08@mail.ru)\*, [sozvezdie-94@mail.ru](mailto:sozvezdie-94@mail.ru), [m.sembekov@mail.ru](mailto:m.sembekov@mail.ru)

## АДАПТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ *NITRARIA* В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ ИОННООБМЕННОГО СУБСТРАТА

### Аннотация

В статье рассматривается влияние ионообменного субстрата на микроклональные растения *Nitraria* в процессе их адаптации. Показано, что использование данного субстрата способствует высокой приживаемости, поддерживает стабильные биометрические показатели, а также фотосинтетическую и дыхательную активность растений-регенерантов. Целью исследования является оценка воздействия ионообменного субстрата на адаптационные способности микроклонов *Nitraria* в условиях *ex situ*. Растения этого рода ценны тем, что их плоды и листья содержат комплекс биологически активных веществ. Регенерированные клоны демонстрировали хорошо развитую корневую систему и успешно адаптировались к нестерильным условиям. Через шесть месяцев выращивания средняя высота растений на ионообменном субстрате составила 29,5 см, средняя длина корней — 41,6 см, что почти в два раза превышает аналогичные показатели в контрольной группе (почвенная смесь). При соблюдении оптимального режима полива приживаемость достигала 86 %. Контейнерная культура через 3–4 месяца тепличного содержания была готова к высадке в открытый грунт. Полученные данные подтверждают, что применение ионообменного субстрата стимулирует развитие основного побега и активный рост корневой системы микроклональных растений *Nitraria* в условиях *ex situ*.

**Ключевые слова:** растение-регенерант, *nitraria*, селитрянка, почва, нестерильные условия, ионообменный субстрат, адаптация.

### Введение

*Nitraria* представляет собой ценные породы кустарников с высокой декоративностью и множеством полезных свойств. Несмотря на широкий ареал распространения, естественные запасы этих видов ограничены, что требует активного создания промышленных плантаций через микроклональное размножение — как наиболее перспективный способ быстрого получения качественного посадочного материала.

Культура *in vitro* обеспечивает растения стабильной температурой, оптимальными условиями освещения и всеми необходимыми питательными веществами и сахарами через среду, тем самым снижая потребность в фотосинтезе. Переход к среде *ex vitro* требует подходящих факторов микросреды для развития фотоавтотрофных проростков [1].

Акклиматизация микроклонов к нестерильным условиям начинается с оптимизации условий роста, которая включает комплекс мер по выбору оптимального ионообменного субстрата, где необходимо учитывать его химический состав, структуру и способность удерживать влагу, наиболее распространенные ионообменные материалы — это кокосовое волокно, перлит и вермикулит, микроклимат, освещение, фотопериод, влажность воздуха и почвы, контроль температурных режимов. Одним из ключевых моментов является состав питательных растворов, так как они должны обеспечивать все необходимые микро- и макроэлементы.

Состав почвенного субстрата, во многом влияет на рост и морфологическое развитие растений [1,2,3]. Для успешной адаптации микроклонов в условиях *ex vitro* готовят субстраты из нескольких ингредиентов, чтобы обеспечить наилучшие условия для лучшего развития корневой системы [4]. В основном субстраты готовят из торфа, вермикулита, перлита и песка

[4,5]. Добавление источника питательных веществ, например, минеральных удобрений или компоста, улучшает развитие растений во время их адаптации в условиях *ex vitro* [1,5]. Минеральные удобрения необходимы для обеспечения питательными веществами, в то время как первичная обработка почвы влияет на структуру почвы, аэрацию и удержание влаги [6,7].

Исследователями [8,9] было установлено, что ионообменные субстраты обладают высокой эффективностью для культивирования растений, благодаря ряду преимуществ по сравнению с традиционными торфосмесями, которые позволяют стабилизировать минеральное питание растений в течение длительного времени и исключить необходимость периодических удобрительных подкормок.

Белорусскими учеными был разработан субстрат, оптимально сбалансированный для микроклонального размножения и адаптации растений. Исследования, проведенные на микроклонах карельской березы в нестерильных условиях, подтвердили его высокую эффективность, где особое внимание было уделено оптимизации рН среды субстрата. Эти исследования [10] демонстрируют значительный прогресс в области создания субстратных систем для адаптации стерильных микроклональных растений к нестерильным условиям выращивания.

Природные почвы содержат минеральные питательные элементы в обменно-связанной форме в разы больше, по сравнению с их растворимыми концентрациями, естественное питание растений преимущественно обеспечивается этими "закрепленными" элементами. Исследования [11] показали ряд значимых преимуществ таких питательных сред, при котором имеется возможность существенного увеличения содержания элементов питания без риска осмотического стресса, ограниченного лишь емкостью ионитов, контроль над соотношением катионов и анионов в средах позволяет глубоко изучать влияние отдельных ион на усвояемость растениями питательных веществ и выявлять дефициты конкретных элементов, где применение ионообменников как носителей микроэлементов не приводит к колебаниям рН, характерным для солевых растворов, а также исключает образование осадков солей, где отпадает необходимость в дополнительной насыщении кислородом (как при гидропонике). Этот подход открывает новые горизонты в сельском хозяйстве и научных исследованиях по оптимизации питания растений.

Задачей нашего исследования является создание субстрата для ускорения роста растений и улучшения их устойчивости к стрессовым условиям, в основе которого ионообменная почва, состоящая из искусственных и природных компонентов, способных обменивать ионы, обеспечивая растения питательными веществами.

#### **Материал и методы исследования**

Исследования проводились в 2023–2025 гг. на базе лаборатории генетики и репродукции лесных культур (РГП на пхв «Институт генетики и физиологии» КН МНВО РК). Адаптационные опыты с микроклонами *Nitraria* проводились в условиях теплицы при естественном освещении и контролируемой температуре. В качестве посадочного материала использовались микроклоны *Nitraria*, полученные в условиях *in vitro*.

Для прохождения этапа адаптации применяли ионообменный субстрат, состоящий из белого торфа и ионообменных синтетических полимеров — природного катионита (цеолит-клиноптилолит), обладающего выраженным ионообменным потенциалом [11].

Благодаря своим свойствам цеолиты открывают возможности для создания субстратов, адаптированных к различным видам растений. В качестве инертного компонента использовался перлит, а субстрат в целом был оптимизирован для адаптации и выращивания регенерантов селитрянки.

Для контроля применялся универсальный почвогрунт, приобретённый на садовом рынке.

Биометрические измерения, такие как высота, количество междоузлия, количество листьев, диаметр стебля, измеряли с помощью флуориметра *Handy Pea+* (Hansatech Instruments, Англия), сдвиг в кислородном балансе во время дыхания и фотосинтеза

использовались для оценки состояния регенерантов. Кислородный баланс темнового дыхания и фотосинтеза определяли с помощью измерительной системы *Leafview 1* (Hansatech Instruments, Англия), в которой используется встроенный дисковой кислородный электрод Кларка в газовой фазе, измеряющий изменение концентрации кислорода в период полной темноты и включения света определенной длины волны с течением времени.

Под влиянием негативных условий окружающей среды растения часто демонстрируют изменения соотношений между дыхательными и фотосинтетическими процессами, приводя к увеличению расхода кислорода (при дыхании) и снижению его выработки в ходе светового синтеза [10,12-15].

В качестве ключевого индикатора для определения физиологической устойчивости растительных организмов применялся показатель фотосинтетической эффективности – это пропорция между скоростью выработки кислорода в ходе светового процесса (фотосинтеза) и расхода кислорода на поддержание жизнедеятельности во время темноты. Этот индикатор служит интегральной оценкой состояния растений, учитывая два основных аспекта: фотосинтезирующую активность и метаболизм в период отсутствия света. Высокий уровень синтеза кислорода при освещении и его низкое потребление во время фазы дыхания без света свидетельствует о нормальном развитии микроклонов [15].

Основной целью исследования является сравнение адаптивных свойств микроклональных регенерантов селитрянки в различных условиях:

Вариант 1 - ионитно-обменный субстрат в равных пропорциях на основе белого торфа, ионообменной смолы, ионы калия, аммония, малорастворимых солей кальция, магния, фосфорной и серной кислоты, цеолит, диатомит и перлит, рН 6,0. Вариант 2 – рыночная универсальная почва, рН 5,6-5,8. Для эксперимента использовались микроклоны селитрянки, высаженные в 2-литровые контейнеры. Растения содержались под светодиодными лампами (6 000 лк) при 14-часовом фотопериоде, температуре +25–30 °С и влажности воздуха 65–75%.

Различия между вариантами оценивали с использованием t-критерия Стьюдента ( $n = 30$ ,  $p < 0,05$ ), что подтверждает статистическую значимость наблюдаемых эффектов.

### **Результаты исследования**

В ходе эксперимента было установлено, что оба варианта посадки микроклонов *Nitraria* обеспечивают удовлетворительную приживаемость. Однако различия в условиях адаптации повлияли на интенсивность начального роста и физиологическое состояние растений.

В варианте 1 (высадка очищенных от агара микроклонов с развитыми корнями длиной 5–7 см) растения быстрее адаптировались, уже через 1–2 недели достигали высоты 10–15 см, при этом не наблюдалось значительных стрессовых проявлений.

Во 2-м варианте (высадка с фрагментом питательной среды) отмечено развитие микрофлоры на остатках среды, что в ряде случаев сопровождалось угнетением роста. У таких растений чаще наблюдались симптомы стресса: задержка развития, опадение листьев и, в отдельных случаях, гибель. Вероятной причиной является нарушение работы устьичного аппарата у *in vitro* растений и отсутствие корневых волосков, что снижает способность к водо- и минеральному питанию.

Эти результаты подтверждают, что выбор метода пересадки оказывает существенное влияние на эффективность адаптационного этапа. Использование очищенных микроклонов без остатков среды способствует более быстрой приживаемости и лучшему стартовому росту.

Размножение патогенной микрофлоры в прикорневой зоне и на основании стебля оказывало угнетающее воздействие на растение. После начала заражения наблюдалось заболевание, рост прекращался, при этом погибало до 40–60 % растений. При посадке эксплантов без фрагмента среды корни контактировали с почвой непосредственно, и процесс адаптации начинался значительно быстрее.

**Таблица 1.** Показатели регенерированных микроклонов в зависимости от агара в условиях *ex situ*

Состав грунта	Без кусочка агара			С кусочком агара		
	Число высаженных, шт	Частота выживших, %	Высота растений, мм	Число высаженных, шт.	Частота выживших, %	Высота растений, мм
Вариант 1	30	93,3	16 ± 0,4	30	60	13±0,2
Вариант 2	30	53,3	9 ± 0,7	30	40	6±1

В ходе исследования установлено, что приживаемость регенерантов в варианте 1 была значительно выше: потери составили всего 6,1%, тогда как во 2-м варианте — 22,2%. Это, вероятно, связано с тем, что в ионообменном субстрате формируется более развитая корневая система.

Результаты эксперимента показали, что микроклональные регенеранты селитрянки, адаптированные к нестерильным условиям на ионообменном субстрате, демонстрируют высокую жизнеспособность. Подобные данные подтверждаются в ряде работ, в которых указывается, что цеолиты улучшают водно-воздушные свойства субстрата, способствуют развитию корневой системы и увеличивают приживаемость растений при пересадке из условий *in vitro* [16-19].

Это подтверждается данными анализа (таблица 2, рисунки 1–3): отмечено увеличение длины корней и наращивание зелёной массы, что свидетельствует об оптимальности подобранных условий адаптации.

**Таблица 2.** Биометрические показатели высаженных на адаптацию регенерантов селитрянки

Показатель	Растения-регенеранты на момент высадки	Растения-регенеранты по истечению 6 месяцев, см	
		Вариант 1	Вариант 2
Высота, см	2,5±0,53	29,5±1,02	16,1±1,2
Длина корня, см	3,25±1,28	41,6±0,6	28,1±1,19
Количество междоузлий, шт	1,12±0,35	17±1,2	9±0,2

Биометрические показатели растений-регенерантов *Nitraria* после этапа адаптации представлены в таблице 2 (рисунок 1,2).

Уже на момент высадки микроклоны обладали небольшой высотой (2,5 ± 0,53 см), начальной длиной корней (3,25 ± 1,28 см) и единичными междоузлиями (1,12 ± 0,35 шт). По истечении 6 месяцев роста в условиях теплицы наблюдалось значительное увеличение всех параметров, особенно в варианте с использованием ионообменного субстрата.

При этом растения, адаптированные на ионообменном субстрате (вариант 1), демонстрировали статистически значимо более высокие показатели по всем биометрическим параметрам по сравнению с контрольной группой (вариант 2). Высота растений составила 29,5 ± 1,02 см против 16,1 ± 1,2 см, длина корней — 41,6 ± 0,6 см против 28,1 ± 1,19 см соответственно. Количество междоузлий также было выше — 17 ± 1,2 против 9 ± 0,2.

Проведённый статистический анализ (t-критерий Стьюдента,  $p < 0,05$ ) подтвердил достоверность различий по основным морфометрическим показателям между вариантами. Наиболее выраженное отличие зафиксировано по длине корней: максимальный прирост составил 41,6 ± 0,6 см у растений, высаженных на ионообменном субстрате.

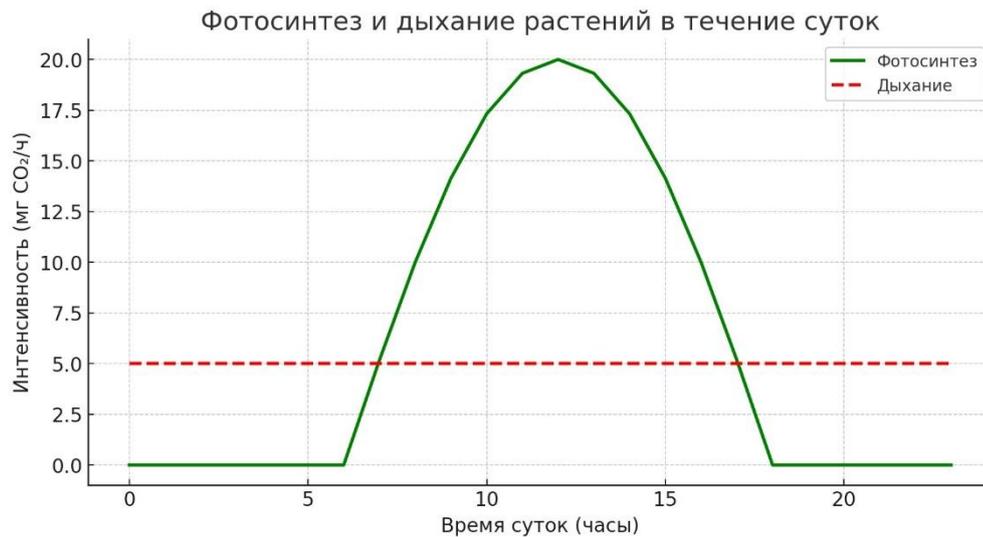


**Рисунок 1** – Регенеранты на момент высадки на адаптацию, где высота в вариантах субстрата не сильно варьирует



**Рисунок 2** – Регенеранты по истечению трех месяцев высадки на адаптацию

В ходе адаптации и роста наблюдался ускоренный фотосинтез, показанный на рисунке 3, где видно, что фотосинтез активен днем, достигая пика около полудня, дыхание остается стабильным, потребление энергии в темное время суток оставалось на неизменном уровне. Перенос растений в теплицу стал единственным фактором, приведшим к активации фотосинтеза и сопутствующему увеличению темнового дыхания, что не оказалось оптимальным решением для их развития. Соотношение скоростей фотосинтеза и дыхания снизилось, указывая на неблагоприятные условия. Полученные данные свидетельствуют о том, что интенсивные условия выращивания в ионитно-обменном субстрате являются эффективными для адаптации и круглогодичного производства качественного посадочного материала селитрянки, обеспечивая высокую приживаемость при высадке в открытый грунт.



**Рисунок 3.** График изменения интенсивности дыхания и фотосинтеза в течение суток.

Кроме того, состав субстрата, в который будут пересаживаться растения, играет ключевую роль. Оптимальный субстрат должен обеспечивать необходимые питательные вещества, а также способствовать хорошему дренажу и аэрации корней. Это особенно важно, поскольку корневая система растений, выращенных *in vitro*, часто бывает нежной и требует особого внимания. Не менее важным фактором является влажность воздуха.

Растения, пересаженные в нестерильные условия, могут испытывать стресс из-за резкого изменения окружающей среды. Если влажность слишком низкая, это может привести к испарению влаги из листьев и корней, что, в свою очередь, может вызвать их увядание и гибель.

Поэтому рекомендуется использовать методы, такие как укрытие растений пленкой или создание теплицы, чтобы поддерживать оптимальный уровень влажности в первые дни после пересадки. Кроме того, срок пересадки также имеет значение. Растения, пересаженные слишком рано или слишком поздно, могут не адаптироваться к новым условиям, что также может привести к их гибели. Исследования показывают, что правильное время пересадки может значительно повысить шансы на успешное укоренение и дальнейший рост.

Растения, выращенные в лабораторных или полевых условиях, могут отличаться друг от друга на морфологическом, анатомическом, физиологическом, биохимическом и молекулярном уровнях. Условия при регенерации эксплантов в лабораторных условиях специфичны.

Микроразмноженные растения растут в плотно закрытых сосудах, что предотвращает проникновение вредных микроорганизмов, но ограничивает подачу CO<sub>2</sub> и выделение газов, вырабатываемых растениями. Кроме того, эти растения обеспечиваются высокой относительной влажностью, низкой интенсивностью света, источником энергии в виде сахаров и регуляторами роста

В современной агрикультуре традиционное использование торфяных смесей и почвогрунтов для адаптации стерильных микроскопированных растений требует альтернативных решений. Опыт применения сложного субстрата на основе перлита, песка и комбинирования компонентов в сочетании с туманообразующими системами показал значительное повышение приживаемости регенерантов, однако задача их успешной адаптации остается актуальным научным вызовом. Особое внимание уделяется использованию ионообменных субстратов, которые превосходят традиционные торфяные смеси за счет полной воспроизводимости состава, возможности регулирования минерального баланса и многократности использования.

### **Заклучение**

Адаптация микроклональных регенерантов селитрянки к нестерильным условиям роста на ионообменном субстрате является эффективным способом повышения устойчивости и продуктивности растений. Этот подход имеет огромный потенциал для использования в современных агрономических практиках, обеспечивая устойчивое и экономически выгодное производство. Стоит отметить, что дальнейшие исследования в этой области помогут оптимизировать процессы и улучшить результаты адаптации для различных растений и условий.

Одной из наиболее актуальных проблем, с которыми сталкиваются ученые и агрономы в области размножения растений, полученных в условиях *in vitro*, является процесс их переноса в нестерильные условия. Этот этап является критически важным, поскольку именно на нем происходит значительная гибель растительного материала, что может привести к потере ценных сортов и снижению общей эффективности размножения.

При переносе растений из стерильной среды в обычные условия необходимо учитывать множество факторов. В первую очередь, это сила развития переносимого растения. Растения, находящиеся в стадии активного роста, могут лучше адаптироваться к новым условиям, чем те, которые находятся в состоянии покоя. Поэтому важно тщательно планировать время пересадки, чтобы максимизировать шансы на выживание.

Таким образом, успешный перенос растений из стерильных условий в нестерильные требует комплексного подхода, учитывающего множество факторов, таких как сила развития, состав субстрата, влажность воздуха и срок пересадки. Только при соблюдении всех этих условий можно минимизировать потери и обеспечить успешное размножение растений, что является важной задачей для агрономов и ботаников.

Развитие данной темы не только улучшает понимание роста растений, но и открывает новые горизонты для использования агрономических методов в усовершенствовании лесного и сельского хозяйства.

### **Вывод**

Проведённые исследования показали, что микроклональные регенеранты *Nitraria* (селитрянки), выращенные в условиях *in vitro* и адаптированные на ионообменном субстрате, обладают высокой приживаемостью и жизнеспособностью. Потери растений в этом варианте составили лишь 6,1 %, что значительно ниже по сравнению с контролем (22,2 %).

Использование ионообменного субстрата положительно повлияло на развитие растений: по истечении 6 месяцев длина корневой системы достигала  $41,6 \pm 0,6$  см, а высота растений —  $29,5 \pm 1,02$  см, что практически вдвое превышает показатели контрольной группы. Это свидетельствует об оптимизации условий выращивания и более эффективной адаптации.

Биометрические показатели (высота, длина корней, количество междоузлий) достоверно отличались в сторону увеличения при использовании ионитно-обменного субстрата ( $p < 0,05$ ), что подтверждено статистическим анализом.

Ионитно-обменные материалы не содержат пестицидов, нитратов, регуляторов роста и других агрохимикатов, что делает их безопасным и экологически устойчивым компонентом адаптационных субстратов.

Растения, выращенные на данном субстрате, проявили высокую устойчивость к внешним патогенам, что имеет важное значение для устойчивого сельского хозяйства и дальнейшей интеграции микроклональных растений в открытый грунт.

**Благодарность:** авторы выражают свою признательность руководителю программы за выделенные на научные исследования средства в рамках НТП BR21882180 «Разработка программы сохранения и развития ресурсной базы перспективных для медицины и ветеринарии растений Казахстана в условиях изменяющегося климата» (Комитет науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан).

### Литература

1. Akimova, S., Radzhabov, A., Esaulko, A., Samoshenkov, E., Nechiporenko, I., Kazakov, P., Voskoboinikov, Y., Matsneva, A., Zubkov, A.; Aisanov, T. (2022). Improvement of Ex Vitro Growing Completion of Highbush Blueberry (*Vaccinium Corymbosum* L.) in Containers. *Forests*, 13(10).- 1550. <https://doi.org/10.3390/f13101550>
2. Kim, J.K., Shawon, M., Ahmed, R., An, J.H., Yun, Y.J., Park, S.J., Na, J.K., Choi, K.Y. (2021). Influence of Substrate Composition and Container Size on the Growth of Tissue Culture Propagated Apple Rootstock Plants. *Agronomy*, 11, 2450. doi:[10.3390/agronomy11122450](https://doi.org/10.3390/agronomy11122450)
3. Бастаубаева, Ш., Слямова, Н., Жасыбаева, Г., Колусенко, М., & Карабаев, К. (2024). Влияние биоудобрений и биостимуляторов на продуктивность зерновой кукурузы в органическом земледелии. *Izdenister Natigeler*, (2-1 (special), 149–158. <https://doi.org/10.37884/2-1-2024/550>
4. Mohammed, M., Munir, M., Ghazzawy, H.S. (2023). Design and Evaluation of a Smart Ex Vitro Acclimatization System for Tissue Culture Plantlets. *Agronomy*, 13(1), 78. <https://doi.org/10.3390/agronomy13010078>
5. Pascual, J.A., Ceglie, F., Tuzel, Y., Koller, M., Koren, A., Hitchings, R., Tittarelli, F. (2018). Organic Substrate for Transplant Production in Organic Nurseries. *Agron. Sustain. Dev.*, 38, 35. <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0508-4>
6. Рустем, М., Сардар, А., Тилеубаева, Ж., Галымбек, К., & Калдыбаева, Д. (2024). Влияние минерального питания на формирование урожайности и качество зерна сортов ярового ячменя. *Izdenister Natigeler*, (4 (104), 262–271. <https://doi.org/10.37884/4-2024/27>
7. Куришбаев, А., Калдыбаев, С., Наушабаев, А., & Мансурова, К. (2024). Засоленные и заболоченные (переувлажненные) почвы Казахстана и пути их улучшения. *Izdenister Natigeler*, (1 (101), 103–112. <https://doi.org/10.37884/1-2024/11>
8. Neri, J.C., Meléndez-Mori, J.B., Tejada-Alvarado, J.J., Vilca-Valqui, N.C., Huaman-Huaman, E., Oliva, M., Goñas, M. (2022). An Optimized Protocol for Micropropagation and Acclimatization of Strawberry (*Fragaria* × *Ananassa* Duch.) Variety ‘Aroma’. *Agronomy*, 12, 968. <https://doi.org/10.3390/agronomy12040968>
9. Акинъшина, Н.Г., Азизов, А.А., Карасева, Т.А., Клозе, Э. (2008). Новые возможности в оценке состояния растений. *Сибирский экологич. Журн.*, № 2, 249–254.
10. Природные цеолиты (1980). Под ред. А.Г.Коссовской. Л.: Наука, 223.
11. Обуховская, Л.В., Макарова, Т.Б., Олешук, Е.Н. (2007). Особенности адаптации микроклональных *Betula pendula* Roth, var. *carelica* к условиям выращивания in vivo на оптимизированном ионообменном субстрате при высадке в разные сроки. *Матер. V Междун. конф. «Регуляция роста, развития и продуктивности растений»*, 152.
12. Горышина, Т.К. (1989). Фотосинтетический аппарат растений в условиях среды. Л.: ЛГУ, 152–158.
13. Крамер, П., Козловский, Т. (1983). Физиология древесных растений. М.: Лесн. Пром-сть, 464.
14. Солдатов, В.С., Перышкина, Н.Г., Хорошко, Р.П. (1978). Ионитные почвы. Минск.: «Наука и техника», 272.
15. Raghavendra, A.S., Padmasree, K., Saradadevi, K. (1994). Interdependence of photosynthesis and respiration in plant cells: interactions between chloroplasts and mitochondria. *Plant Science*, Vol. 97, 1–15.
16. Mumpton, F.A. (1999). La roca mágica: usos de los zeolitas naturales en agricultura y en la industria //Proceedings of the National Academy of Sciences, 96(7), 3463–3470.
17. Kolesnikov, S.I., et al. (2012). Использование цеолитсодержащих субстратов при культивировании сельскохозяйственных культур //Почвоведение, №6, стр. 712–718.
18. Gonçalves, S. & Romano, A. (2013). In vitro culture of Mediterranean plants: advances and applications //Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 113(1), 1–13.
19. Суховой, А.Г., Яковлева, Е.Ю. (2018). Цеолиты в растениеводстве и микроклональном размножении //Агрохимия, №5, стр. 65–70.

## References

1. Akimova, S., Radzhabov, A., Esaulko, A., Samoshenkov, E., Nechiporenko, I., Kazakov, P., Voskoboinikov, Y., Matsneva, A., Zubkov, A.; Aisanov, T. (2022). Improvement of Ex Vitro Growing Completion of Highbush Blueberry (*Vaccinium Corymbosum* L.) in Containers. *Forests*,13(10), 1550. <https://doi.org/10.3390/f13101550>
2. Kim, J.K., Shawon, M., Ahmed, R., An, J.H., Yun, Y.J., Park, S.J., Na, J.K., Choi, K.Y. (2021). Influence of Substrate Composition and Container Size on the Growth of Tissue Culture Propagated Apple Rootstock Plants. *Agronomy*, 11, 2450. doi:[10.3390/agronomy11122450](https://doi.org/10.3390/agronomy11122450)
3. Bastaubaeva, SH., Slyamova, N., ZHasybaeva, G., Kolusenko, M., & Karabaev, K. (2024). Vliyanie bioudobrenij i biostimulyatorov na produktivnost' zernovoj kukuruzy v organicheskom zemledelii. *Izdenister Natigeler*, (2-1 (special), 149–158. <https://doi.org/10.37884/2-1-2024/550>
4. Mohammed, M., Munir M., Ghazzawy H.S.(2023). Design and Evaluation of a Smart Ex Vitro Acclimatization System for Tissue Culture Plantlets. *Agronomy*, 13(1), 78. <https://doi.org/10.3390/agronomy13010078>
5. Pascual, J.A., Ceglie, F., Tuzel, Y., Koller, M., Koren, A., Hitchings, R., Tittarelli, F.(2018). Organic Substrate for Transplant Production in Organic Nurseries. *Agron. Sustain. Dev.*, 38, 35. <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0508-4>
6. Rustem, M., Sardar, A., Tileubaeva, ZH., Galymbek, K., & Kaldybaeva, D. (2024). Vliyanie mineral'nogo pitaniya na formirovanie urozhajnosti i kachestvo zerna sortov yarovogo yachmenya. *Izdenister Natigeler*, (4 (104), 262–271. <https://doi.org/10.37884/4-2024/27>
7. Kurishbaev, A., Kaldybaev . C. ., Naushabaev, A., & Mansurova, K. (2024). Zasolennye i zabolochennye (pereuvlazhnennye) pochvy kazakhstana i puti ikh uluchsheniya. *Izdenister Natigeler*, (1 (101), 103–112. <https://doi.org/10.37884/1-2024/11>
8. Neri, J.C., Meléndez-Mori, J.B., Tejada-Alvarado, J.J., Vilca-Valqui, N.C., Huaman-Huaman, E., Oliva, M., Goñas, M.(2022). An Optimized Protocol for Micropropagation and Acclimatization of Strawberry (*Fragaria*×*Ananassa* Duch.) Variety ‘Aroma’. *Agronomy*, 12, 968. <https://doi.org/10.3390/agronomy12040968>
9. Akin'shina, N.G., Azizov, A.A., Karaseva, T.A., Kloze, EH.(2008). Noveye vozmozhnosti v otsenke sostoyaniya rastenij. *Sibirskij ehkologich. ZHurn.*, № 2, 249–254.
10. Prirodnye tseolity (1980). Pod red. A.G.Kossovskoj. L.: Nauka, 223.
11. Obukhovskaya, L.V., Makarova, T.B., Oleshuk, E.N.(2007). Osobennosti adaptatsii mikroklonal'nykh *Betula pendula* Roth, var. *carelica* k usloviyam vyrashhivaniya in vivo na optimizirovannom ionoobmennom substrate pri vysadke v raznye sroki. *Mater. V Mezhdun. konf. «Regulyatsiya rosta, razvitiya i produktivnosti rastenij»*, 152.
12. Goryshina, T.K. (1989). Fotosinteticheskij apparat rastenij v usloviyakh sredy. L.: LGU, 152–158.
13. Kramer, P., Kozlovskij, T. (1983). *Fiziologiya drevesnykh rastenij*. M.: Lesn. Prom-st', 464.
14. Soldatov, V.S., Peryshkina, N.G., KHoroshko, R.P. (1978). Ionitnye pochvy. Minsk.: «Nauka i tekhnika», 272.
15. Raghavendra, A.S., Padmasree, K., Saradadevi, K. (1994). Interdependence of photosynthesis and respiration in plant cells: interactions between chloroplasts and mitochondria. *Plant Science*, Vol. 97, 1–15.
16. Mumpton, F.A. (1999). La roca mágica: usos de los zeolitas naturales en agricultura y en la industria //Proceedings of the National Academy of Sciences, 96(7), 3463–3470.
17. Kolesnikov, S.I., et al. (2012). Использование цеолитсодержащих субстратов при культивировании сельскохозяйственных культур //Почвоведение, №6, стр. 712–718.
18. Gonçalves, S. & Romano, A. (2013). In vitro culture of Mediterranean plants: advances and applications //Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 113(1), 1–13.
19. Sukhovei, A.G., Yakovleva, E.Yu. (2018). Tseolity v rastenievodstve i mikroklonal'nom razmnozhenii //Agrokhimiya, №5, 65–70.

**Е.А.Шаденова\*, М.А. Кайгермазова, М.Т.Сембеков**

РМҚК «Генетика және физиология институты» ҚР ҒК ҒЖБМ, Алматы қ., Қазақстан Республикасы, [shadel08@mail.ru](mailto:shadel08@mail.ru)\*, [sozvezdie-94@mail.ru](mailto:sozvezdie-94@mail.ru), [m.sembekov@mail.ru](mailto:m.sembekov@mail.ru)

### **ИОН АЛМАСТЫРУ СУБСТРАТЫН ПАЙДАЛАНУҒА БАЙЛАНЫСТЫ НИТРАРИЯНЫҢ БЕЙІМДЕЛУ КӨРСЕТКІШТЕРІ**

#### **Аңдатпа**

Бұл зерттеуде микрокылтаңақ *Nitraria* өсімдіктерінің бейімделу процесіне ион алмастыратын субстраттың әсері қарастырылады. Бұл субстратты қолдану өсімдіктердің тіршілік ету қабілетін арттырып, биометриялық көрсеткіштердің тұрақтылығын, сондай-ақ фотосинтез бен тыныс алу қызметінің сақталуын қамтамасыз етеді. Зерттеудің мақсаты – *ex situ* жағдайында *Nitraria* микрокылтаңақтарының бейімделу қабілетіне ион алмастыратын субстраттың әсерін бағалау. Бұл тұқымдасқа жататын өсімдіктердің жапырақтары мен жемістері биологиялық белсенді заттардың кешеніне бай болғандықтан құнды. Қайта жандандыру нәтижесінде алынған клондар жақсы дамыған тамыр жүйесін көрсетті және стерильді емес ортада сәтті бейімделді. Алты айлық өсіру нәтижесінде ион алмастыратын субстратта өсімдіктердің орташа биіктігі 29,5 см, ал тамыр ұзындығы 41,6 см болды, бұл бақылау тобындағы (топырақ қоспасы) көрсеткіштерден екі есе көп. Оптималды суару режимін сақтаған жағдайда тіршілік ету деңгейі 86% жетті. Контейнерлік мәдениет 3–4 ай жылыжайда өсірілгеннен кейін ашық топыраққа отырғызуға дайын болды. Осы деректер ион алмастыратын субстраттың *ex situ* жағдайында микрокылтаңақ *Nitraria* өсімдіктерінің негізгі бұтақтарының дамуын және тамыр жүйесінің белсенді өсуін ынталандыратынын растайды.

**Кілт сөздер:** регенерант өсімдік, селитра, стерильді емес жағдайлар, ион алмастырғыш субстрат, бейімделу

**Е.А. Shadenova\*, М.А. Kaygermazova, М.Т. Sembekov**

RSE "Institute of Genetics and Physiology" SC MSHE of RK, Almaty, Republic of Kazakhstan, [shadel08@mail.ru](mailto:shadel08@mail.ru)\*, [sozvezdie-94@mail.ru](mailto:sozvezdie-94@mail.ru), [m.sembekov@mail.ru](mailto:m.sembekov@mail.ru)

### **ADAPTATION INDICES OF NITRARIA DEPENDING ON THE APPLICATION OF ION EXCHANGE SUBSTRATE**

#### **Abstract**

This study investigates the effect of an ion-exchange substrate on the adaptation process of microclonal *Nitraria* plants. The use of this substrate was found to promote high survival rates and maintain stable biometric parameters, as well as photosynthetic and respiratory activity of the regenerated plants. The objective of the research was to evaluate the impact of the ion-exchange substrate on the adaptive capacity of *Nitraria* microclones under *ex situ* conditions. Species of this genus are valuable due to their leaves and fruits containing a complex of biologically active compounds. The regenerated clones demonstrated well-developed root systems and successfully adapted to non-sterile environments. After six months of cultivation, the average plant height on the ion-exchange substrate reached 29.5 cm, and the average root length was 41.6 cm, nearly twice the measurements observed in the control group grown in a standard soil mixture. With adherence to optimal irrigation regimes, survival rates reached 86%. Container-grown cultures were ready for transplantation into open field conditions after 3–4 months of greenhouse cultivation. These findings confirm that the application of an ion-exchange substrate stimulates the growth of the main shoot and enhances root system development in microclonal *Nitraria* plants under *ex situ* conditions.

**Key words:** regenerant plant, nitraria, saltpeter, soil, non-sterile conditions, ion-exchange substrate, adaptation.