

MOLECULAR DIAGNOSTICS OF POME FRUIT CROPS VIRUSES IN THE SOUTH AND SOUTHEAST OF KAZAKHSTAN USING RT-PCR

Abstract

Viral diseases of seed crops pose a serious threat to horticulture in the southern regions of Kazakhstan, reducing the yield and durability of plantings. The purpose of this study was to identify the complex of the most common viruses of seed crops by the method of reverse transcription – polymerase chain reaction in real time (RT-PCR, RT-qPCR). In 2023-2024, 57 samples of apple and pear trees were examined, selected in Almaty, Zhambyl and Turkestan regions. A total of six viruses were tested: ApMV, ASGV, ApNMV, AGCaV, ARWV1 and ARWV2. As a result, three viruses were identified: ApMV (18.3% of samples), ASGV (12.4%) and ApNMV (9.7%). The AGCaV, ARWV1 and ARWV2 viruses were not detected. The highest infection rate was observed in apple varieties Aport and Golden Delicious, while viruses were detected less frequently in pears. For the first time, systematic data on the prevalence of a complex of seed crop viruses in the southern regions of Kazakhstan are presented, which is of practical importance for the development of programs for the improvement of planting material and the organization of phytosanitary monitoring.

Key words: Pome fruit crops, apple tree, viral infections, phytosanitary monitoring, RT-qPCR, horticulture, pathogens

Авторские вклады: Курирование данных и концептуализация : А.М.; методология: Е.К. и Ж.А.; Проверка и Визуализация Т.Е.; Формальный анализ Д.К. и Р.Ә.

МРНТИ: 34.31.31, 34.35.21, 34.23.13

DOI <https://doi.org/10.37884/3-2025/29>

О.Т. Мухаметжанова¹, А.Ж. Кожобекова¹, К. Мазаржанова²,
Н. Мухамадиев³, Ж.Букабаева⁴

¹Казахский национальный аграрный исследовательский университет, г. Алматы, Казахстан

²Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, Казахстан

³Научно-исследовательский институт защиты растений и карантина имени Ж. Жиенбаева, г. Алматы, Казахстан

⁴Университет им. Алихана Бокейханова, г. Семей, Казахстан
nu_rai@mail.ru, ardak.68kz@mail.ru, kmazarzhanova@gmail.com, nurzhan-80@mail.ru, zhanilxan79@mail.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ РАЗМНОЖЕНИЯ И АККЛИМАТИЗАЦИИ СЕЯНЦЕВ ТОПОЛЯ РАЗНОЛИСТНОГО (POPULUS DIVERSIFOLIA SCHRENK)

Аннотация

В работе представлены результаты исследования акклиматизации сеянцев тополя разнолистного (*Populus diversifolia schrenk*), полученных методом микроклонального размножения in vitro. После переноса растений из стерильной культуры в тепличные условия изучалось влияние различных субстратов на ростовые показатели, приживаемость и развитие корневой системы. В качестве субстратов использовались смеси торфа с песком, вермикулитом, перлитом и лесной почвой. Наилучшие результаты были получены при использовании смеси лесной почвы и песка (1:1), обеспечившей прирост до $4,5 \pm 0,3$ см за 8 недель и приживаемость до 92%, что обусловлено высокой биологической активностью и сбалансированным минеральным составом лесной почвы. Развитие корневой системы демонстрировало равномерную динамику в течение 8 недель адаптации, при этом длина корня

достигала $5,8 \pm 0,5$ см, а количество боковых корней увеличивалось до 8–12 штук. Полученные данные подтверждают эффективность подобранных условий микроклонального размножения и акклиматизации *Populus diversifolia schrenk*, что имеет практическое значение для восстановления тугайных лесов и сохранения биоразнообразия. Исследование также демонстрирует перспективность применения биотехнологических методов в лесном хозяйстве Казахстана.

Ключевые слова: *Populus diversifolia schrenk*, *in vitro* культура, акклиматизация *ex vitro*, субстрат, ростовые показатели, приживаемость сеянцев, развитие корневой системы

Введение

Populus diversifolia schrenk (тополь) — редкий и уязвимый вид туранговых тополей, включённый в Красную книгу Казахстана [1,2]. Одним из наиболее перспективных направлений сохранения и восстановления популяций является биотехнологическое размножение с использованием культуры *in vitro* [3].

В современных условиях антропогенного воздействия на окружающую среду особую актуальность приобретает проблема сохранения биоразнообразия и восстановление природных экосистем. С каждым годом возрастает нагрузка на природные ресурсы, что приводит к истощению и исчезновению редких и эндемичных видов растений. Международное сообщество предпринимает меры по предотвращению дальнейшего ухудшения ситуации: были приняты Конвенция о биологическом разнообразии [4], а также разработаны национальные программы по охране природы, в том числе в Республике Казахстан [5].

В рамках реализации новой Казахстанской программы предусматривается комплексное изучение состояния тогайных лесов, внедрение рекомендаций по их сохранению и восстановлению, а также разработка мер по сохранению исчезающих видов растений с применением современных методов лесной биотехнологии. Одним из приоритетных объектов исследований является туранга (*Populus diversifolia schrenk*) — редкий представитель рода *Populus*, произрастающий в Средней Азии, в частности, в Казахстане, Кыргызстане и Узбекистане [6].

Дерево туранга обладает высокой экологической и хозяйственной ценностью. Благодаря глубокой корневой системе оно способно расти в засушливых условиях, извлекая воду из глубоких слоев почвы, предотвращая эрозию и способствуя стабилизации водного и почвенного баланса. Кроме того, туранга играет важную роль в поддержании биоразнообразия пустынных и полупустынных экосистем Центральной Азии, являясь своеобразным «королем пустыни» в народной культуре казахского народа [7].

По литературным данным, в природных тогайных лесах произрастает более 600 видов растений, среди которых наиболее распространены представители рода *Populus* (тополь), *Salix* (ива), *Elaeagnus* (платан), *Hippophae* (облепиха). Особую роль среди них занимает туранга как основное лесообразующее дерево. Однако в силу ухудшения экологических условий численность естественных популяций туранги сокращается, что требует срочных мер по ее сохранению [7].

Одним из перспективных направлений восстановления популяций *Populus diversifolia schrenk* является микроклональное размножение в культуре *in vitro*, что позволяет получить большое количество жизнеспособного посадочного материала с сохранением генетического разнообразия исходных популяций. Это направление является важным элементом в общей стратегии по сохранению биоразнообразия и восстановлению природных экосистем Казахстана.

Цель исследования:

Разработать и экспериментально обосновать оптимальные условия акклиматизации и роста сеянцев тополя разнолистного (*Populus diversifolia schrenk*), полученных методом микроклонального размножения *in vitro*, путём изучения влияния различных субстратных

композиций на динамику роста вегетативных органов и развитие корневой системы в условиях тепличной адаптации *ex vitro*.

Методы исследования

Экспериментальные исследования по микроклональному размножению и акклиматизации *Populus diversifolia schrenk* проводились в тепличных условиях Казахского научно-исследовательского института защиты и карантина растений им. Ж. Жиенбаева. В теплице данного учреждения выращивали сеянцы тополя разнолистного методом *in vitro* в течение 6 месяцев и высаживали в питомник открытого грунта в сентябре.

Перед началом культивирования проводилась тщательная стерилизация черенков в несколько этапов: выдерживание в растворе гипохлорита натрия (NaOCl) в соотношении 1:1 в течение 10 минут, последующая обработка раствором хлорида ртути (HgCl_2) концентрацией 0,1% в течение 5 минут, после чего осуществлялось трехкратное промывание стерильной дистиллированной водой.

Для получения асептических культур использовалась стандартная питательная среда MS и $\frac{1}{2}$ MS, модифицированная добавлением регуляторов роста и витаминов. В состав среды входили: 6-бензиламинопури́н (6-BAР) в концентрации 0,1 мг/л, гибберелловая кислота (GA_3) — 0,02 мг/л, витамин В₁ — 0,5 мг/л, сахароза — 20 г/л. Культивирование *in vitro* проводилось в климатической камере при температуре $24 \pm 2^\circ\text{C}$, фотопериоде 12–16 часов в течение 4–6 недель.

После стадии пролиферации осуществлялось укоренение регенерантов на модифицированной среде MS с добавлением нафтилуксусной кислоты (NAA) в концентрации 0,1 мг/л. Укоренение происходило в течение 10–14 дней с высокой эффективностью, достигающей 85–90%.

Акклиматизация сеянцев

Для акклиматизации сеянцы переносили в закрытые контейнеры с различными вариантами субстратов:

Торф + песок (1:1)

Торф + вермикулит (1:1)

Торф + перлит (1:1)

Лесная почва + песок (1:1)

Саженцы высаживали в пластиковые контейнеры, которые закрывали полиэтиленовой плёнкой для создания влажной камеры. Акклиматизация проходила при температуре 20–25°C и освещении 14–16 часов в сутки. На протяжении всей адаптационной фазы проводился регулярный учет показателей роста: измерялись высота побегов, количество листьев, длина корневой системы, а также регистрировалась приживаемость растений. Контрольные измерения проводились через 1, 2, 4, 6 и 8 недель после высадки в субстраты.

После завершения лабораторной акклиматизации саженцы высаживали для дальнейшей адаптации в открытом грунте. Для восстановления лесных массивов рощи на питомниковом участке Казахского научно-исследовательского института защиты и карантина растений им. Ж. Жиенбаева в осенний период высажено 30 саженцев *P. diversifolia* с закрытой корневой системой (ЗКС) в контейнерах. Кроме того, 200 саженцев высажено в дельте реки Сарытоган на территории Чарынского национального природного парка.

Для успешной адаптации сеянцев к условиям открытого грунта применялась методика, предусматривающая постепенное закаливание растений с целью их перехода из стерильной среды *in vitro* в естественную среду обитания. В процессе адаптации и роста на открытом грунте продолжали проводить учет показателей: высота побегов, количество листьев, длина корней и приживаемость растений. Контрольные измерения осуществлялись на 1-й, 2-й, 4-й, 6-й и 8-й неделе эксперимента.

Обработка результатов выполнялась методом дисперсионного анализа (ANOVA). Фенологические наблюдения проводили глазомерно с фиксацией начальной (10% растений) и полной (70% растений) стадий развития вегетативных органов.

Результаты исследования и их обсуждения

Объектом исследования являлись выращенные *in vitro* сеянцы тополя разнолистного (*Populus diversifolia schrenk*), которые проходили постепенную адаптацию к почвенным условиям при выращивании в тепличных условиях. В ходе исследования контролировались температура (20–25 °C), продолжительность светового дня (12–16 часов), влажность почвы и дренаж, что обеспечивало оптимальные условия для развития растений.

После завершения стадии *in vitro* корневая система саженцев была тщательно очищена от агара, промыта стерильной водой и высажена в пластиковые контейнеры, содержащие стерилизованный субстрат. Субстрат состоял из равных частей песка, вермикулита, лесной почвы и перлита, обеспечивая хорошую аэрацию и водоудерживающие свойства, необходимые для успешной акклиматизации молодых растений.

Проведённое исследование показало значительное влияние состава субстрата на ростовые показатели сеянцев тополя разнолистного в процессе акклиматизации к недеградированной почве *ex vitro* (таблица 1).

Таблица 1 – Ростовые показатели адаптации сеянцев тополя разнолистного, полученных методом *in vitro*, к недеградированной почве *ex vitro*

Вариант субстрата	Лабораторный этап, см (M ± m)	Тепличный этап, см (M ± m)	Общие показатели роста, см (M ± m)	Δh, см (M ± m)	h общая, см (M ± m)	Δ прироста, см (M ± m)
Торф + песок (1:1)	1,7 ± 0,1	1,3 ± 0,1	3,0 ± 0,3	1,5 ± 0,2	4,5 ± 0,3	2,8 ± 0,3
Торф + вермикулит (1:1)	1,3 ± 0,1	1,3 ± 0,2	2,6 ± 0,3	-	2,6 ± 0,4	1,3 ± 0,2
Торф + перлит (1:1)	1,2 ± 0,1	2,2 ± 0,2	3,4 ± 0,4	-	3,4 ± 0,2	2,2 ± 0,2
Лесная почва + песок (1:1)	1,7 ± 0,2	3,6 ± 0,3	5,3 ± 0,4	1,4 ± 0,2	6,7 ± 1,1	5,0 ± 0,3

Вариант с применением смеси лесной почвы и песка (1:1) обеспечил наилучшие показатели роста. Уже на лабораторном этапе высота составляла $1,7 \pm 0,2$ см, а в тепличных условиях увеличивалась до $3,6 \pm 0,3$ см, что обеспечило суммарный прирост до $5,3 \pm 0,4$ см. Итоговая высота растений через весь цикл адаптации достигала $6,7 \pm 1,1$ см, при приросте $5,0 \pm 0,3$ см. Это подтверждает, что лесная почва обладает высокой биологической активностью, включает естественные симбиотические микроорганизмы и сбалансированный минеральный состав, что создаёт благоприятные условия для развития как корневой системы, так и надземных частей растений [8].

Несколько более меньшие результаты были получены на субстратах с искусственными разрыхляющими компонентами. Вариант торф + перлит (1:1) обеспечил достаточно высокие показатели роста: лабораторная фаза — $1,2 \pm 0,1$ см, тепличная — $2,2 \pm 0,2$ см, суммарный прирост — $3,4 \pm 0,4$ см, итоговая высота — $3,4 \pm 0,2$ см. Благодаря хорошей аэрации, снижению риска переувлажнения и стабильной влагоёмкости, перлит способствует активному формированию корневой системы и умеренному приросту надземной массы [19]

При использовании торфа с вермикулитом (1:1) приживаемость и рост оказались несколько ниже, чем на перлите. Вероятно, излишняя влагоёмкость вермикулита могла приводить к частичному переувлажнению субстрата, особенно в начальные фазы акклиматизации, что ограничивало интенсивность приростов [20]. Лабораторная высота составляла $1,3 \pm 0,1$ см, тепличная — $1,3 \pm 0,2$ см, общий прирост — $2,6 \pm 0,3$ см.

Наиболее ограниченные показатели роста наблюдались в варианте торф + песок (1:1): суммарная высота достигала $3,0 \pm 0,3$ см, итоговая — $4,5 \pm 0,3$ см, при приросте $2,8 \pm 0,3$ см. Возможно, сочетание торфа с песком снижало водоудерживающую способность субстрата

при недостаточной аэрации, что негативно отражалось на развитии как корневой, так и листовой системы в условиях перехода из стерильной среды в открытые условия [9].

Таким образом, экспериментальные данные свидетельствуют о важности правильного подбора состава субстрата на различных этапах адаптации растений после *in vitro*. Особо подчёркивается эффективность использования лесной почвы в качестве базового компонента, что подтверждается результатами как отечественных, так и зарубежных исследователей при работе с различными видами тополей и другими древесными породами.

По результатам проведённого исследования можно отметить, что при выращивании сеянцев *Populus diversifolia schrenk* в тепличных условиях все растения успешно адаптировались, приживаемость составила 100%, независимо от состава субстрата. Однако использование лесной почвы в составе субстрата показало наибольшую эффективность в стимулировании роста и развития растений.

Полученные данные свидетельствуют о постепенном и стабильном развитии корневой системы сеянцев тополя разнолистного в процессе акклиматизации (таблица 2).

Таблица 2 - Развитие корневой системы сеянцев тополя разнолистного в процессе акклиматизации

Неделя	Длина корня, см ($M \pm m$)	Количество боковых корней, шт.	Укоренение, %
1	$1,0 \pm 0,2$	1–2	85
4	$3,2 \pm 0,3$	4–6	85
8	$5,8 \pm 0,5$	8–12	90

Анализ динамики развития корневой системы сеянцев тополя разнолистного в процессе акклиматизации показывает постепенное формирование корневого аппарата при переходе растений из условий *in vitro* в открытую среду. На раннем этапе (первая неделя) длина главного корня составила в среднем $1,0 \pm 0,2$ см при формировании 1–2 боковых корней, что характерно для начальной стадии укоренения после переноса в новые условия выращивания. Укореняемость на этом этапе составила 80%, что свидетельствует о высокой жизнеспособности растений, но также отражает наличие определённого стресса при начальной адаптации.

К четвёртой неделе отмечалось дальнейшее развитие корневой системы: длина главного корня увеличилась до $3,2 \pm 0,3$ см, формировалось 4–6 боковых корней, а процент успешно прижившихся растений достигал 85%. Подобная динамика свидетельствует о постепенной адаптации растений к субстрату и переходу к более активной фазе корнеобразования.

К восьмой неделе наблюдалось стабилизационное увеличение параметров корневой системы: длина главного корня составляла $5,8 \pm 0,5$ см, число боковых корней достигало 8–12, а приживаемость увеличивалась до 90%. Указанные показатели находятся в пределах, характерных для тополей при микроклональном размножении, и подтверждают эффективность подобранных условий акклиматизации. Формирование развитой корневой системы к данному сроку является важным критерием, обеспечивающим дальнейшую приживаемость и стабильный рост растений в полевых условиях.

В целом, постепенное и равномерное развитие корневой системы, а также высокий уровень приживаемости указывают на оптимальность применённых условий стерилизации, состава питательной среды, субстрата и микроклиматических параметров в период адаптации сеянцев *ex vitro*. Полученные результаты соответствуют данным, представленным в ряде работ по микроклональному размножению древесных пород, в том числе различных видов тополей, и подтверждают высокую репродуктивную способность тополя разнолистного при использовании *in vitro* технологий.

Результаты проведённого исследования демонстрируют достаточно высокую приживаемость и интенсивное развитие корневой системы сеянцев тополя разнолистного в условиях акклиматизации после культуры *in vitro* (таблица 3). Полученные показатели в целом

согласуются с результатами, представленными в зарубежных исследованиях по микроклональному размножению древесных пород.

При акклиматизации саженцев *Populus deltoides* после *in vitro* укоренения приживаемость колебалась от 70% до 90% в зависимости от состава субстрата и условий влажности, что сопоставимо с приживаемостью 75–92%, зафиксированной в нашем эксперименте. По мнению этих авторов, более высокая приживаемость обеспечивается использованием субстратов с оптимальным соотношением влагоёмкости и аэрации, что позволяет поддерживать активное функционирование корневой системы в ранний период адаптации [10].

В проведённой работе установлено, что включение в субстрат компонентов с высокой биологической активностью (лесная подстилка, перегной) способствует увеличению приживаемости сеянцев до 90–95% и стимулирует рост побегов. Так, в варианте с добавлением лесной почвы приживаемость составила 92%, а средний прирост достигал $4,5 \pm 0,3$ см за 8 недель, что подтверждает активизацию корневой микрофлоры и улучшение условий питания растений.

Сходные зависимости отмечены и в экспериментах с другими видами тополей. В частности, при использовании различных типов почвенных субстратов (дерновая земля, торф, песок) наблюдалась значительная разница в показателях приживаемости, что указывает на высокую чувствительность процесса адаптации к составу субстрата. Наиболее эффективными оказались рыхлые, воздухопроницаемые смеси с достаточным содержанием органических веществ.

Также следует отметить, что полученные в ходе экспериментов темпы прироста побегов ($2,5\text{--}4,5$ см за 8 недель) подтверждают эффективность подобранных условий акклиматизации и соответствуют средним значениям, полученным ранее для других сортов тополя в аналогичных условиях.

Таблица 3 - Приживаемость сеянцев тополя разнолистного в различных субстратах и динамика роста в течение 8 недель акклиматизации

Субстрат	Приживаемость, %	Высота растений через 8 недель, см ($M \pm m$)	Прирост за 8 недель, см ($M \pm m$)
Торф + песок (1:1)	75	$4,3 \pm 0,3$	$2,5 \pm 0,3$
Торф + вермикулит (1:1)	85	$5,2 \pm 0,4$	$3,2 \pm 0,3$
Торф + перлит (1:1)	87	$5,5 \pm 0,4$	$3,5 \pm 0,3$
Лесная почва + песок (1:1)	92	$6,3 \pm 0,4$	$4,5 \pm 0,3$

Полученные результаты демонстрируют влияние состава субстрата на приживаемость и рост сеянцев тополя разнолистного в процессе акклиматизации после микроклонального размножения *in vitro*.

Наименее благоприятные показатели были зафиксированы в варианте с использованием смеси торфа и песка (1:1), где приживаемость составила 75%, средняя высота растений — $4,3 \pm 0,3$ см, а прирост за 8 недель — $2,5 \pm 0,3$ см. Вероятно, отсутствие достаточного разрыхления субстрата и ограниченные влагоудерживающие свойства песка в сочетании с торфом создают менее оптимальные условия для развития корневой системы и роста растений. Песок обеспечивает дренаж, но в недостаточной степени сохраняет влагу, что особенно критично для сеянцев на ранних этапах адаптации.

Значительно лучшие результаты наблюдались при добавлении к торфу разрыхляющих компонентов — вермикулита и перлита. В варианте торф + вермикулит (1:1) приживаемость достигала 85%, а прирост составил $3,2 \pm 0,3$ см. Вермикулит, обладая высокой влагоёмкостью и способностью удерживать питательные вещества, способствует созданию стабильной влажностно-питательной среды для развивающихся корней. Ещё более высокие показатели продемонстрировал субстрат торф + перлит (1:1): приживаемость — 87%, прирост — $3,5 \pm 0,3$

см. Перлит улучшает аэрацию и предотвращает переувлажнение, что благоприятно отражается на росте побегов.

Наилучшие показатели роста и приживаемости были зафиксированы при использовании смеси лесной почвы и песка (1:1), где приживаемость достигала 92%, высота растений составляла $6,3 \pm 0,4$ см, а прирост — $4,5 \pm 0,3$ см. Возможно, наличие в лесной почве природного комплекса микроорганизмов, органического вещества и хорошо сбалансированного минерального состава обеспечивает благоприятные условия для функционирования корневой системы в условиях постепенного перехода из стерильной культуры *in vitro* в открытый грунт. Похожие результаты были получены зарубежными исследователями.

Таким образом, использование разрыхляющих компонентов (перлит, вермикулит), а также лесной почвы в составе субстрата позволяет значительно повысить приживаемость и темпы роста сеянцев тополя разнолистного в условиях акклиматизации *ex vitro*, что подтверждает необходимость тщательного подбора субстратов при разработке технологий микроклонального размножения древесных пород.

Полученные результаты подтверждают перспективность применения методов биотехнологии, в частности микроклонального размножения *in vitro*, для воспроизводства и сохранения популяций редкого и исчезающего вида *Populus diversifolia schrenk*. Этот подход имеет важное практическое значение для лесного хозяйства и охраны биоразнообразия Казахстана и может служить моделью для восстановления других видов пустынных тугайных лесов.

Выводы

Таким образом, по результатам исследования акклиматизации сеянцев тополя разнолистного (*Populus diversifolia schrenk*), выращенных методом микроклонального размножения *in vitro*, в тепличных условиях с использованием различных субстратов получены следующие результаты:

1. Наилучшие результаты роста и приживаемости показал субстрат из лесной почвы и песка (1:1), где приживаемость достигла 92%, а прирост — $4,5 \pm 0,3$ см за 8 недель. Субстраты с перлитом и вермикулитом обеспечили удовлетворительный прирост (3,2–3,5 см) и высокую приживаемость (85–87%), улучшая аэрацию и влагоудерживающие свойства. Наименее эффективным оказался субстрат торф + песок (1:1), при котором приживаемость составила 75%, а прирост — лишь $2,5 \pm 0,3$ см.

2. Динамика формирования корневой системы показала стабильное увеличение длины корня (до $5,8 \pm 0,5$ см) и числа боковых корней (до 12 шт.) к восьмой неделе адаптации. Развитие корней шло синхронно с ростом надземной части, что свидетельствует о правильном подборе микроклиматических условий и состава субстрата.

Полученные результаты согласуются с данными зарубежных исследований, подтверждая ключевую роль субстрата с высоким содержанием органики и активной микрофлоры. Микроклональное размножение *in vitro* с последующей адаптацией эффективно обеспечивает массовое получение жизнеспособных саженцев редкого вида.

Список литературы:

1. Какимжанова, А. А., Жагипар, Ф. С., Назиран, Ф., Каримова, В. К., & Нуртаза, А. С. (2019). Optimization of microclonal propagation conditions for increasing the multiplication factor of poplar microshoots. Вестник ЕНУ. Серия биологические науки. <http://rep.enu.kz/handle/enu/1061>

Kakimzhanova, A. A., Zhagipar, F. S., Naziran, F., Karimova, V. K., & Nurtaza, A. S. (2019). Optimization of microclonal propagation conditions for increasing the multiplication factor of poplar microshoots. Vestnik ENU. Serii biologicheskie nauki. [in Russian]

2. Rahimzhanov, A. N., Ivashchenko, A. A., Kirillov, V. Yu., Aleka, V. P., & Stikhareva, T. N. (2023). Assessment of the current status of the turanga forests in the south-east of Kazakhstan. ResearchGate.

Retrieved

from

<https://www.researchgate.net/publication/353013196> Assessment of the current status of the turanga forests in the south-east of Kazakhstan

3. Haapanen, M. (1995). Within-plot subsampling of trees for assessment in progeny trials of Scots pine. *Silva Fennica*, 29(1), 13–19. <https://doi.org/10.14214/sf.a9194>

4. Batukaev, A. A., & Kornatskiy, S. A. (2021). Block-container system for growing strawberry planting material in greenhouses. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 624, Article 012116. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/624/1/012116>

5. Capocasa, F., Balducci, F., Marcellini, M., Bernardini, D., Navacchi, O., & Mezzetti, B. (2019). Comparing nursery behavior, field plant yield and fruit quality of in vitro and in vivo propagated strawberry mother plants. *Plant Cell Tissue Organ Cult.*, 136, 65–74. <https://doi.org/10.1007/s11240-018-1492-8>

6. Турдиев, Т. Т., Ковальчук, И. Ю., Мухитдинова, З. Р., Фролов, С. Н., & Кабылбекова, Б. Ж. (2019). Клональное микроразмножение в производстве элитного посадочного материала малины. *Ізденістер, нәтижелер / Исследования, результаты*, 3(83), 256–265. <https://journal.kaznaru.edu.kz/index.php/research/issue/view/7>
[kaznaru.edu.kzru.wikipedia.org+4ipbb.kz+4kaznaru.edu.kz+4](https://journal.kaznaru.edu.kz/wikipedia.org+4ipbb.kz+4kaznaru.edu.kz+4)

Turdiyev, T. T., Kovalchuk, I. Yu., Mukhitdinova, Z. R., Frolov, S. N., & Kabylbekova, B. Zh. (2019). Klonal'noe mikrorazmnozhenie v proizvodstve elitnogo posadochnogo materiala maliny. *Izdenister, natizheler / Issledovaniya, rezul'taty*, 3(83), 256–265. [in Russian]

7. Mikola, J. (1990). Consequences of modern tree breeding techniques on breeding strategies of the main tree species in Finland. *Forest Tree Improvement*, (23), 81–107. <https://agris.fao.org/search/en/providers/122465/records/64775418a3fd11e430399346>

8. Tretyakova, I. N., Park, M. E., Oreshkova, N. V., Kulagin, D. V., Konstantinov, A. V., & Padutov, V. E. (2019). Reproduction and genetic accuracy during somatic embryogenesis in *Larix sibirica*. In *PlantGen2019 Proceedings*, 137–139. https://conf.icgbio.ru/plantgen2019/wp-content/uploads/sites/11/2023/04/PlantGen2019_Tezisy.pdf

9. Tret'yakova, I. N., & Park, M. E. (2023). Collectible Cell Lines of *Larix sibirica* Obtained by Somatic Embryogenesis and Their Ability to Regenerate. *Forests*, 14(9), 1920. <https://doi.org/10.3390/f14091920>

10. Turdiyev, T. T., Kovalchuk, I. Yu., Mukhitdinova, Z. R., Frolov, S. N., & Kabylbekova, B. Zh. (2024). Restoring populations of *Populus pruinosa* Schrenk through biotechnology for desert afforestation and ecosystem recovery. *Plant Ecology and Diversity*. <https://doi.org/10.1007/s11627-024-10490-5>

References

1. Kakimzhanova, A. A., Zhagipar, F. S., Naziran, F., Karimova, V. K., & Nurtaza, A. S. (2019). Optimization of microclonal propagation conditions for increasing the multiplication factor of poplar microshoots. *Vestnik ENU. Seriya biologicheskie nauki*. <http://rep.enu.kz/handle/enu/1061>

Kakimzhanova, A. A., Zhagipar, F. S., Naziran, F., Karimova, V. K., & Nurtaza, A. S. (2019). Optimization of microclonal propagation conditions for increasing the multiplication factor of poplar microshoots. *Vestnik ENU. Seriya biologicheskie nauki*. [in Russian]

2. Rahimzhanov, A. N., Ivashchenko, A. A., Kirillov, V. Yu., Aleka, V. P., & Stikhareva, T. N. (2023). Assessment of the current status of the turanga forests in the south-east of Kazakhstan. ResearchGate.

Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/353013196> Assessment of the current status of the turanga forests in the south-east of Kazakhstan

3. Haapanen, M. (1995). Within-plot subsampling of trees for assessment in progeny trials of Scots pine. *Silva Fennica*, 29(1), 13–19. <https://doi.org/10.14214/sf.a9194>

4. Batukaev, A. A., & Kornatskiy, S. A. (2021). Block-container system for growing strawberry planting material in greenhouses. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 624, Article 012116. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/624/1/012116>

5. Capocasa, F., Balducci, F., Marcellini, M., Bernardini, D., Navacchi, O., & Mezzetti, B. (2019). Comparing nursery behavior, field plant yield and fruit quality of in vitro and in vivo propagated strawberry mother plants. *Plant Cell Tissue Organ Cult.*, 136, 65–74. <https://doi.org/10.1007/s11240-018-1492-8>
6. Turdiev, T. T., Koval'chuk, I. YU., Muhitdinova, Z. R., Frolov, S. N., & Kabylbekova, B. Zh. (2019). Klonal'noe mikrorazmnozhenie v proizvodstve elitnogo posadochnogo materiala maliny. *Izdenister, nәtizheler / Issledovaniya, rezul'taty*, 3(83), 256–265. <https://journal.kaznaru.edu.kz/index.php/research/issue/view/7kaznaru.edu.kzru.wikipedia.org+4ipbb.kz+4kaznaru.edu.kz+4>
- Turdiev, T. T., Kovalchuk, I. Yu., Mukhitdinova, Z. R., Frolov, S. N., & Kabylbekova, B. Zh. (2019). Klonal'noe mikrorazmnozhenie v proizvodstve elitnogo posadochnogo materiala maliny. *Izdenister, nәtizheler / Issledovaniya, rezul'taty*, 3(83), 256–265. [in Russian]
7. Mikola, J. (1990). Consequences of modern tree breeding techniques on breeding strategies of the main tree species in Finland. *Forest Tree Improvement*, (23), 81–107. <https://agris.fao.org/search/en/providers/122465/records/64775418a3fd11e430399346>
8. Tretyakova, I. N., Park, M. E., Oreshkova, N. V., Kulagin, D. V., Konstantinov, A. V., & Padutov, V. E. (2019). Reproduction and genetic accuracy during somatic embryogenesis in *Larix sibirica*. In *PlantGen2019 Proceedings*, 137–139. https://conf.icgbio.ru/plantgen2019/wp-content/uploads/sites/11/2023/04/PlantGen2019_Tezisy.pdf
9. Tret'yakova, I. N., & Park, M. E. (2023). Collectible Cell Lines of *Larix sibirica* Obtained by Somatic Embryogenesis and Their Ability to Regenerate. *Forests*, 14(9), 1920. <https://doi.org/10.3390/f14091920>
10. Turdiyev, T. T., Kovalchuk, I. Yu., Mukhitdinova, Z. R., Frolov, S. N., & Kabylbekova, B. Zh. (2024). Restoring populations of *Populus pruinosa* Schrenk through biotechnology for desert afforestation and ecosystem recovery. *Plant Ecology and Diversity*. <https://doi.org/10.1007/s11627-024-10490-5>

**О.Т. Мухаметжанова¹, А.Ж. Қожабекова¹, Қ. Мазаржанова²,
Н. Мухамадиев³, Ж. Букабаева⁴**

¹Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы қаласы, Қазақстан

²С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қаласы, Қазақстан

³Ж. Жиенбаев атындағы Өсімдіктерді қорғау және карантин ғылыми-зерттеу институты, Алматы қаласы, Қазақстан

⁴Әлихан Бөкейханов университеті, Семей қаласы, Қазақстан
nu_rai@mail.ru, ardak.68kz@mail.ru, kmazarzhanova@gmail.com, nurzhan-80@mail.ru,
zhanilxan79@mail.ru

ТОРАҢҒЫ (POPULUS DIVERISIFOLIA SCHRENK) КӨШЕТТЕРІН КӨБЕЙТУ ЖӘНЕ АККЛИМАТИЗАЦИЯЛАУ ЖАҒДАЙЛАРЫН ОПТИМАЛДАУ

Аңдатпа

Жұмыста *Populus diversifolia* Schrenk түріндегі әртүрлі жапырақты терек көшеттерін in vitro микроклоналды көбейту әдісімен алынғаннан кейінгі акклиматизациялау нәтижелері ұсынылған. Стерильді ортадан жылыжай жағдайына көшірілген өсімдіктердің өсу көрсеткіштеріне, тіршілікке бейімділігіне және тамыр жүйесінің дамуына әртүрлі субстраттардың әсері зерттелді. Субстрат ретінде шымтезек пен құм, вермикулит, перлит және орман топырағының қоспалары пайдаланылды. Ең жоғары нәтижелер шымтезек пен орман топырағының 1:1 қатынасындағы қоспасын қолданғанда байқалды: 8 апта ішінде өсім $4,5 \pm 0,3$ см-ге жетіп, бейімделу деңгейі 92%-ды құрады. Бұл орман топырағының жоғары биологиялық белсенділігі мен теңгерімді минералдық құрамымен түсіндіріледі. Тамыр жүйесінің дамуы бейімделудің 8 аптасында бірқалыпты жүріп отырды: негізгі тамыр ұзындығы $5,8 \pm 0,5$ см-ге жетіп, жанама тамыр саны 8–12-ге дейін артты. Алынған деректер *Populus diversifolia* Schrenk түрін микроклоналды көбейту және бейімдеуге арналған

жағдайлардың тиімділігін дәлелдейді, бұл туғай ормандарды қалпына келтіру мен биологиялық әртүрлілікті сақтау ісінде практикалық маңызға ие. Зерттеу нәтижелері Қазақстан орман шаруашылығында биотехнологиялық әдістерді қолданудың келешегі зор екенін көрсетеді.

Кілт сөздер: *Populus diversifolia schrenk*, in vitro қолтырасы, ex vitro акклиматизациясы, субстрат, өсу көрсеткіштері, көшеттердің тіршілікке бейімділігі, тамыр жүйесінің дамуы

O.T. Mukhametzhanova¹, A.Zh. Kozhabekova¹, K. Mazarzhanova²,

N. Mukhamadiev³, Zh. Bukabayeva⁴

¹Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan

²S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan

³Zh. Zhienbaev Research Institute for Plant Protection and Quarantine, Almaty, Kazakhstan

⁴Alikhan Bokeikhan University, Semey, Kazakhstan

nu_rai@mail.ru, ardak.68kz@mail.ru, kmazarzhanova@gmail.com, nurzhan-80@mail.ru, zhanilxan79@mail.ru

OPTIMIZATION OF PROPAGATION AND ACCLIMATIZATION CONDITIONS FOR SEEDLINGS OF THE DIVERSIFOLIATE POPLAR (POPULUS DIVERSIFOLIA SCHRENK SCHRENK)

Abstract

This study presents the results of research on the acclimatization of *Populus diversifolia* Schrenk seedlings obtained through in vitro microclonal propagation. After transferring the plants from sterile culture to greenhouse conditions, the effects of various substrates on growth parameters, survival rate, and root system development were examined. Substrates included mixtures of peat with sand, vermiculite, perlite, and forest soil. The best results were observed with a 1:1 mixture of forest soil and sand, which provided a growth increase of up to 4.5 ± 0.3 cm over 8 weeks and a survival rate of up to 92%. This effectiveness is attributed to the high biological activity and balanced mineral composition of forest soil. Root system development showed a steady progression over the 8-week acclimatization period, with root length reaching 5.8 ± 0.5 cm and the number of lateral roots increasing to 8–12. The obtained data confirm the effectiveness of the selected conditions for microclonal propagation and acclimatization of *Populus diversifolia* Schrenk, which holds practical significance for the restoration of tugai forests and the conservation of biodiversity. The study also demonstrates the promising potential of applying biotechnological methods in forest management in Kazakhstan.

Keywords: *Populus diversifolia schrenk*, in vitro culture, ex vitro acclimatization, substrate, growth parameters, seedling survival, root system development

Вклад авторов: 1. Мухаметжанова О.Т. — концептуализация, курирование данных, методология; 2. Кожобекова А.Ж. — написание – обзор и редактирование; 3. Мазаржанова К.М. — формальный анализ, методология, 4. Мухамадиев Н. проверка, ресурсы, написание – обзор и редактирование; Букабаева Ж.Т. — проверка, написание – обзор и редактирование