

МРНТИ 34.31.33

Научная статья

<https://doi.org/10.32523/2616-7034-2026-155-2-176-190>

## Сравнительная характеристика морфогенеза сортов картофеля в условиях *in vitro*

В.А. Жиденко<sup>1</sup> , И.Н. Аникина<sup>\*2</sup> , А. Ибраева<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Торайгыров университет, Павлодар, Казахстан

E-mail: <sup>1</sup>vika\_7625@mail.ru, <sup>2</sup>anikina.i@mail.ru, <sup>3</sup>kairova\_aruzhan@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье представлены результаты исследований морфогенеза различных сортов картофеля в условиях *in vitro*. Целью исследования являлось изучение и оценка сортовой специфичности роста и развития растений картофеля в условиях культуры *in vitro* при микроклональном размножении с одинаковыми параметрами культивирования. В ходе работы проводился сравнительный анализ морфометрических показателей микрорастений, включая высоту побегов, количество междоузлий, формирование листового аппарата и особенности развития корневой системы культуральных растений. Установлено, что исследуемые сорта картофеля, такие как Аризона, Балтик Роуз и Гала, существенно отличаются по скорости роста, интенсивности формирования побегов и развитию корневой системы, что указывает на генотипическую обусловленность морфогенетических процессов, что подтверждает необходимость разработки сортоспецифических протоколов при микроклональном размножении картофеля. Также выявлена прямая зависимость роста и развития растений от характеристик исходного экспланта. Полученные данные могут быть применены для совершенствования методик планирования работ в производственных лабораториях по производству оздоровленного посадочного материала картофеля, а также для оптимизации технологий его микроклонального размножения.

**Ключевые слова:** картофель, *in vitro*, микроклональное размножение, морфогенез, сортовая специфичность, ризогенез

## Введение

Картофель (*Solanum tuberosum* L.) является одной из ключевых продовольственных культур во многих странах мира, включая Казахстан, где он занимает важное место в структуре сельскохозяйственного производства [1, 2, 3]. Однако продуктивность культуры во многом ограничивается распространением вирусных, бактериальных и грибных заболеваний, которые накапливаются при традиционном вегетативном размножении. В связи с этим получение здорового исходного семенного материала представляет собой одну из наиболее актуальных задач современного картофелеводства [4, 5, 6, 7].

Наиболее эффективным способом оздоровления и ускоренного размножения картофеля является применение биотехнологических методов *in vitro*, основанных на культуре меристем и клональном микроразмножении [8, 9, 10, 11]. Данная технология позволяет получать безвирусные растения-регенеранты и сохранять сортовые особенности, что особенно важно, поскольку большинство сортов картофеля являются высокогетерозиготными клонами и размножаются исключительно вегетативным путем [9, 12, 13].

Для тиражирования картофеля в условиях *in vitro* используются два основных подхода: метод индукции микроклубнеобразования и рассадный способ получения пробирочных растений [14, 15, 16]. Каждый из них имеет свои преимущества. Так, микроклубни отличаются удобством хранения и транспортировки в межсезонный период, что делает их перспективным посадочным материалом [17, 18]. В то же время пробирочные растения требуют постоянного субкультивирования и поддержания стерильных условий, что увеличивает трудоемкость процесса и повышает риск вторичного заражения при длительном размножении [19].

Несмотря на это, технология наращивания пробирочных микрорастений остается наиболее широко применяемой как в мировой практике, так и в Казахстане, поскольку обеспечивает высокий коэффициент размножения и возможность быстрого получения большого количества посадочного материала [20, 21, 22].

Многочисленные исследования подчеркивают, что процессы морфогенеза картофеля в культуре *in vitro* обладают выраженной сортовой специфичностью. Показано, что различные генотипы существенно отличаются по скорости роста, числу междоузлий, способности к ризогенезу и формированию микроклубней [14, 21, 22]. Это требует подбора оптимальных условий культивирования, включая минеральный состав среды, концентрации углеводов и соотношение фитогормонов [23, 24, 25].

Размер экспланта критически влияет на эффективность культивирования растений *in vitro*, считается, что более крупные экспланты быстрее адаптируются и развиваются, так как имеют достаточный запас эндогенных гормонов, в то время как мелкие, по мнению ряда авторов, более уязвимы к стрессам и медленнее развиваются [26, 27, 28, 29]. При этом не только размер, но и другие характеристики первичного экспланта оказывают значительное влияние на его развитие [30, 31, 32].

Таким образом, сравнительное изучение морфогенеза различных сортов картофеля в условиях *in vitro* является необходимым этапом для совершенствования технологий микроразмножения и разработки оптимальных протоколов культивирования для планирования и ведения работ по производству мериклонов в производственных лабораториях.

Целью настоящей работы является сравнительная характеристика морфогенетических показателей сортов картофеля в культуре *in vitro* и оценка их сортоспецифических особенностей при микроклональном размножении.

## Материалы и методы исследования

Исследования проводились в лаборатории «Инновационные методы в растениеводстве» Торайгыров университета и в производственной лаборатории биотехнологии растений КХ «Виктория» Павлодарской области.

Объектом исследований являлись культуральные растения картофеля сортов Аризона, Балтик Роуз и Гала. Опыт проводился в 3-х кратной повторности по 20 микро-растений. Исходный пробирочный материал картофеля был получен в ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха, г. Москва. Опыты проводились согласно общепринятой методике работы с культурой ткани [33].

Культуральные растения выращивались при температуре 22–24 °С, относительной влажности 70–75 % и освещении люминесцентными лампами 3–4 тыс. люкс с 16-часовым фотопериодом. Учет и наблюдения проводились каждые 3 дня по вариантам опыта. В процессе исследования, согласно общепринятым методикам, измерялись высота растений, количество листьев, количество междоузлий, число корней и длина корней [8, 14].

В исследовании использовалась агаризованная среда с минеральным составом Мурасиге-Скуга, содержащим сахарозу в количестве 20 г/л, витамины: аскорбиновая кислота (С) – 0,2 мг/л, тиамин (В1) – 0,2 мг/л, пиридоксин (В6) – 0,1 мг/л, а также регуляторы роста – кинетин, феруловая кислота и индолилмасляная кислота в количестве 1 мг/л каждого, бактериологический агар в количестве 7 г/л.

Для приготовления питательной среды были использованы компоненты производителя Himedia и Serva. Уровень pH среды доводили до 5,5–5,7. Питательная среда была разлита по пробиркам ПБ-16, закрыта ватно-марлевыми пробками и затем стерилизовалась в автоклаве при 1 атм при 120–121 °С в течение 25 минут.

Работы по микроклональному размножению проводились в условиях ламинарного бокса, 2 класс безопасности.

Статистическую обработку проводили с использованием двухфакторного дисперсионного анализа (ANOVA) с факторами «сорт» и «время культивирования» с последующим апостериорным тестом Бонферрони. Различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ . Результаты представлены в виде среднего значения (Mean) и стандартного отклонения (SD).

## Результаты

В результате анализа показателей прироста высоты, формирования листьев, междоузлий и развития корневой системы у растений-регенерантов изучаемых сортов в условиях *in vitro* выявлены существенные различия в динамике морфогенеза.

В течение 30 суток культивирования растений-регенерантов сорта «Аризона» отмечалась выраженная положительная динамика роста побегов и корнеобразования. Уже на третьи сутки наблюдалось начало роста побегов, при этом корнеобразование отмечалось только у 40 % растений (3–5 корней длиной до 10 мм), тогда как в остальных вариантах развитие корней отсутствовало. Это свидетельствует о различной скорости адаптации эксплантов растений к условиям культивирования, связанной с особенностями самих эксплантов. Корнеобразование у растений сорта «Аризона» усилилось после 9–12 суток. К 30 суткам прирост высоты растений-регенерантов сорта «Аризона» составил от 24 до 70 мм, причем это не зависело от длины исходного черенка. Количество корней также существенно различалось у разных растений данного сорта от 4 до 19 шт. В целом,

к 30 дню культивирования были сформированы полноценные развитые растения сорта Аризона (рисунок 1).



**Рисунок 1.** Растения сорта Аризона (30 дней культивирования).

В течение 30 суток культивирования у растений-регенерантов сорта «Балтик Роуз» отмечалась стабильная динамика прироста высоты, количества листьев, количества междоузлий, количество и длина корней, однако выраженность морфогенеза зависела от характеристик эксплантов растения. На начальном этапе (3 суток) рост побегов происходил умеренно, а начало корнеобразования отмечалось только у 40 % растений (1–2 корня длиной до 2 мм).

Начиная с 6 суток наблюдалось активное развитие корневой системы практически у всех растений. Максимальная длина корней (30 мм) достигалась к 12 суткам, после чего показатель стабилизировался.

Таким образом, сорт «Балтик Роуз» характеризуется сравнительно быстрым и равномерным развитием корневой системы в условиях *in vitro*, при этом отмечены у отдельных растений максимальные показатели роста побегов и формирования междоузлий, а у других наиболее интенсивное корнеобразование. К 30 суткам прирост высоты растений-регенерантов сорта «Балтик Роуз» был на одном уровне и составил от 22–24 мм, при этом средняя высота растений составила 45 мм (рисунок 2). Прирост высоты был отмечен выше у растений из черенков до 20 мм. К 9 дню высота у этих растений увеличилась в среднем в 1,7 раз, к 30 дню в 2,1 раз. Это, по-видимому, объясняется тем, что данные черенки были получены с двух верхних ярусов исходных растений. Прирост высоты растений из черенков 25–30 мм к 9 дню увеличился в среднем в 1,5 раз, к 30 дню в 1,8 раз. Количество корней так же существенно различалось у разных растений данного сорта от 4 до 14 шт./растение. Полученные данные подтверждают зависимость морфогенеза сорта «Балтик Роуз» от особенностей исходного экспланта.



**Рисунок 2.** Растения сорта Балтик Роуз (30 дней культивирования).

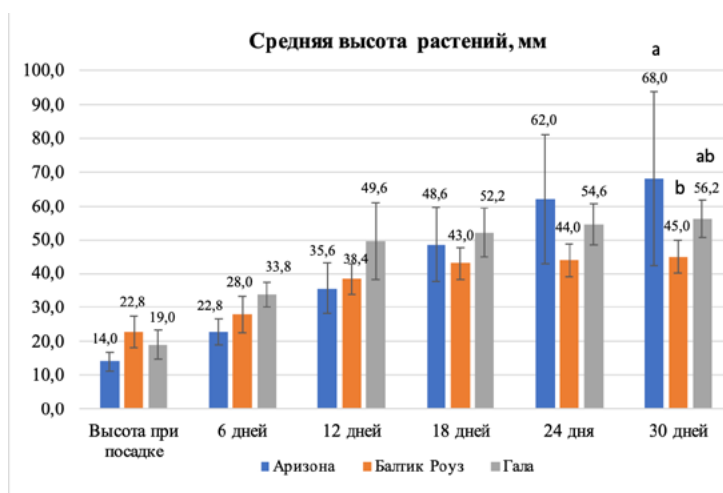
При анализе показателей прироста высоты, количества листьев, количества междоузлий, а также количества и длины корней у растений-регенерантов сорта «Гала» была отмечена высокая морфогенетическая активность сорта, однако выраженность роста и ризогенеза имела незначительные различия между растениями.

К 30 суткам прирост высоты растений-регенерантов сорта «Гала» составил от 33 до 41 мм. Количество корней также у разных растений данного сорта отмечалось примерно на одном уровне от 11 до 14 шт.

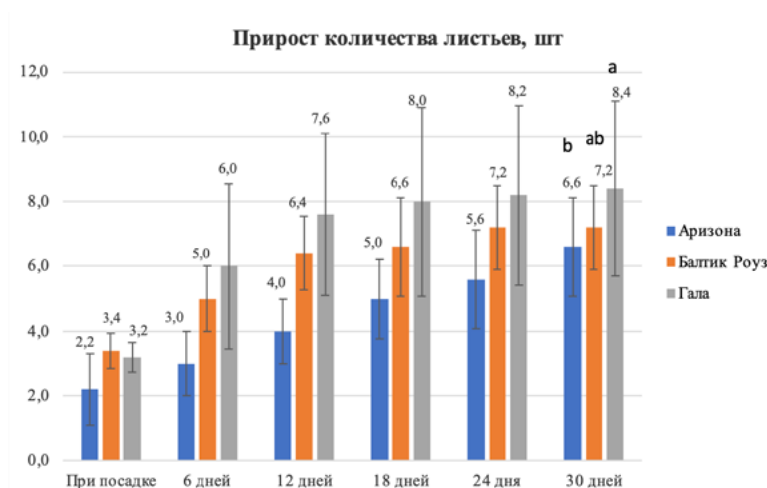
На начальном этапе (0–3 сутки) рост побегов происходил без образования корней на всех растениях сорта, что свидетельствует о более позднем начале ризогенеза по сравнению с сортами «Аризона» и «Балтик Роуз». Первые признаки активного корнеобразования отмечались на 6-е сутки, в дальнейшем растения переходили к активному развитию. В результате по средней высоте растений Сорт Гала опередил растения сорта Балтик Роуз, а по показателю листообразования сорт Гала опередил оба других изучаемых сорта.

Начиная с 9-х суток отмечалось активное развитие стебля и корней растений. Наиболее интенсивный рост побегов наблюдался у растений полученных с черенков верхних ярусов, где высота растений увеличилась в среднем с 15 мм в начале опыта до 50 мм к 9-му дню культивирования. В дальнейшем прирост высоты шел не так интенсивно и к 30 дню культивирования средний прирост высоты растений сорта Гала составил 56 мм. При этом изначальный размер черенков не оказал такого влияния по сравнению с расположением черенков.

По результатам двухфакторного дисперсионного анализа (ANOVA) с последующим апостериорным тестом Бонферрони выявлены статистически значимые различия между исследуемыми сортами по отдельным морфометрическим показателям на заключительном этапе культивирования, что отражено различными буквенными обозначениями на рисунках 3 и 4.



**Рисунок 3.** Динамика изменения средней высоты растений-регенерантов сортов картофеля в процессе 30-дневного культивирования *in vitro*. Данные представлены как Mean  $\pm$  SD. Различные буквенные обозначения над столбцами указывают на статистически значимые различия между сравниваемыми группами по результатам двухфакторного дисперсионного анализа (ANOVA) с последующим апостериорным тестом Бонферрони при  $p < 0,05$ .



**Рисунок 4.** Динамика изменения среднего количества листьев у растений-регенерантов сортов картофеля в процессе 30-дневного культивирования *in vitro*. Данные представлены как Mean  $\pm$  SD. Различные буквенные обозначения над столбцами указывают на статистически значимые различия между сравниваемыми группами по результатам двухфакторного дисперсионного анализа (ANOVA) с последующим апостериорным тестом Бонферрони при  $p < 0,05$ .

Черенки со средним размером 23 мм после 30 дней культивирования увеличили свою высоту в 2,5 раз, а черенки размером 15 мм в 3,6 раз. При этом максимальное формирование листового аппарата зафиксировано у растений, полученных из черенков большего размера (до 13 листьев) и увеличение числа междоузлий до 6. При культивировании у растений из черенков более 22 мм было отмечено увеличение листообразова-

ния: в среднем на 17,5 % больше по сравнению с растениями из черенков размером до 17 мм, что свидетельствует о более высоком коэффициенте размножения таких растений в условиях *in vitro*.

К 30 дню культивирования растения сорта Гала были полноценно сформированы (рисунок 5).



**Рисунок 5.** Растения сорта Гала (30 дней культивирования).

### Обсуждение

Полученные в ходе исследования результаты подтверждают, что морфогенез картофеля в условиях культуры *in vitro* в значительной степени определяется генотипическими особенностями сорта. Несмотря на одинаковые условия культивирования и применение идентичных вариантов питательных сред, исследуемые сорта проявили различия в темпах роста, формировании листового аппарата, числе междоузлий и развитии корневой системы.

Различия между сортами подтверждают данные литературы о том, что процессы регенерации, ризогенеза и формирования междоузлий в культуре *in vitro* обладают выраженной сортовой специфичностью и зависят от генетически обусловленных особенностей метаболизма и гормональной регуляции растений, что подтверждают исследования Е. Овес, И. Аникина и др. (2021). В связи с этим оптимизация протоколов микроклонального размножения должна учитывать индивидуальные требования каждого сорта, поскольку универсальные условия культивирования не всегда обеспечивают максимальную эффективность.

Таким образом, в ходе исследования были получены данные о том, что разные сорта картофеля имеют различия в темпах развития при одинаковых условиях выращивания *in vitro*, то есть проявляют сортовую специфичность. Это подтверждает необходимость разработки сортоспецифических подходов при производстве оздоровленного посадочного материала и совершенствовании технологий микроклонального размножения картофеля.



## Заключение

В результате проведенного исследования обнаружено, что морфогенез сортов картофеля в культуре *in vitro* отличается сортовой специфичностью. При одинаковых условиях культивирования у разных сортов существенно отличаются скорость роста, формирование листового аппарата, количество междоузлий и развитие корневой системы.

Сорт Аризона отличался высокой интенсивностью роста побегов, активным образованием междоузлий и хорошо развитой корневой системой, что указывает на высокий регенерационный потенциал и перспективность его использования в технологиях ускоренного микрклонального размножения. Уже на третьи сутки наблюдалось начало роста побегов, при этом отмечено корнеобразование у 40 % растений (3–5 корней длиной до 10 мм). К 30 суткам прирост высоты растений-регенерантов сорта Аризона составил от 24 до 70 мм, средняя высота растений составила 68 мм, причем это не зависело от длины исходного черенка. Это свидетельствует о различной скорости адаптации эксплантов растений к условиям культивирования, связанной с особенностями самих эксплантов.

Сорт Балтик Роуз характеризовался более умеренными темпами роста побегов. На 3 сутки корнеобразование отмечалось так же только у 40 % растений (1–2 корня длиной до 2 мм). К 30 суткам прирост высоты растений-регенерантов сорта Балтик Роуз был на одном уровне и составил от 22–24 мм, при этом средняя высота растений составила 45 мм.

Сорт Гала характеризовался высокими морфометрическими показателями, особенно по формированию листового аппарата. На начальном этапе (0–3 суток) рост побегов происходил без образования корней на всех растениях сорта, что свидетельствует о более позднем начале ризогенеза по сравнению с сортами Аризона и Балтик Роуз. Первые признаки активного корнеобразования отмечались на 6-е сутки, в дальнейшем растения переходили к активному развитию. В результате по средней высоте растений Сорт Гала опередил растения сорта Балтик Роуз, а по показателю листообразования сорт Гала опередил оба других изучаемых сорта.

К 30 суткам прирост высоты растений-регенерантов сорта Гала составил от 33 до 41 мм, высота в среднем составила 56 мм. Количество корней у разных растений данного сорта отмечалось примерно на одном уровне от 11 до 14 шт.

Максимальные показатели ризогенеза отмечены у сорта Аризона до 19 корней длиной 30 мм, что подтверждает высокий потенциал корнеобразования данного сорта в данных условиях выращивания.

Полученные данные подтверждают, что применение стандартных схем микрклонального размножения не всегда обеспечивает максимальную эффективность для различных сортов картофеля. В связи с этим оптимизация технологии должна проводиться с учётом генотипических особенностей каждого сорта, что позволит повысить коэффициент размножения, улучшить качество культуральных растений и снизить затраты на получение оздоровленного посадочного материала картофеля.

Практическая значимость данного исследования заключается в возможности использования полученных результатов при оптимизации биотехнологических методов производства исходного семенного материала картофеля. Это имеет особо важное значение для повышения эффективности системы семеноводства и ускоренного внедрения перспективных сортов картофеля в сельскохозяйственное производство.



## Вклад авторов

И.А. – концепция и руководство работой, редактирование текста статьи; В.Ж. – проведение экспериментов, написание текста. Все авторы ознакомились с окончательной версией статьи и одобрили ее.

## Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Соблюдение этических норм

Настоящая статья не содержит описания выполненных авторами исследований с участием людей или использованием животных в качестве объектов.

## Список литературы

1. Жигадло ТЭ. Разнообразие сортов картофеля из Мировой коллекции ВИР в северных условиях. Овощи России. 2024;(3):30-35. doi.org/10.18619/2072-9146-2024-3-30-35
2. Tokbergenova Z, Aitbayev T, Sharipova D, et al. Potato (*Solanum tuberosum* L.) healthy planting material development through innovative methods. Sabrao J Breed Genet. 2025;57(3):1168-1179. doi.org/10.54910/sabrao2025.57.3.28
3. Абеуова ЛС, Кали БР, Рахимжанова АО. Высокочастотная прямая побеговая регенерация казахстанских коммерческих сортов картофеля. PeerJ. 2020;8:e9447. doi:10.7717/peerj.9447 doi.org/10.7717/peerj.9447
4. Asil MA, Beisov K, Tokbergenova ZhA, et al. Improvement of the potato seed production system on a virus-free basis in Almaty region. Вестник Карагандинского университета. Серия «Биология. Медицина. География». 2024;29(1):28-35. doi.org/10.31489/2024BMG1/28-35
5. Сураганова АМ, Сураганов МН. Биотехнологические подходы к оздоровлению и селекции картофеля (*Solanum tuberosum* L.) в Казахстане и странах Евразии. Вестник Северо-Казахстанского университета имени Манаша Козыбаева. 2025;(3):148-152. doi.org/10.54596/2958-0048-2025-3-148-152
6. Anikina I, Kamarova A, Issayeva K, et al. Plant protection from virus: a review of different approaches. Front Plant Sci. 2023;14:1163270. doi.org/10.3389/fpls.2023.1163270
7. Аргынбаева А, Дауров Д, Сапахова Z. Вирусы картофеля в Казахстане и методы получения безвирусного семенного материала. Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева. Серия Биологические науки. 2023;144(3):54-68
8. Аникина И, Кусаинов А, Жагипарова М, Инсебаева М. Температурный фактор выращивания как регулятор морфогенеза растений картофеля *in vitro*. Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилёва. Серия Биология. 2023;(4):54-62
9. Овэс ЕВ, Гаитова НА, Шишкина ОА. Сохранение сортовых ресурсов картофеля в полевой и *in vitro* коллекциях Федерального исследовательского центра картофеля имени А.Г. Лорха. Биотехнология и селекция растений. 2022;5(1):28-41. doi.org/10.30901/2658-6266-2022-1-05
10. Batta S, Thakur AK, Singh R, et al. *In vitro* induction and plant regeneration in potato (*Solanum tuberosum* L.) cv. Kufri Sangam. Vegetos. 2025. doi.org/10.1007/s42535-025-01181-6

11. Sudheer WN, Praveen N, Al-Khayri JM, Jain SM. Role of plant tissue culture medium components. In: Rai AC, Kumar A, Modi A, Singh M, editors. *Advances in plant tissue culture*. Elsevier; 2022;51-83. doi.org/10.1016/B978-0-323-90795-8.00012-6
12. Gong H, Igiraneza C, Dusengemungu L. Major *in vitro* techniques for potato virus elimination and post eradication detection methods: a review. *Am J Potato Res*. 2019;96:379-389. doi.org/10.1007/s12230-019-09720-z
13. Melyan GH, Martirosyan YT, Sahakyan AJ, et al. Influence of nutrient medium components on *in vitro* tuberization of *Solanum tuberosum* L. *Life*. 2025;15(2):241. doi.org/10.3390/life15020241
14. Oves E, Anikina I, Gaitova N, et al. Evaluation parameters of *in vitro* morphogenesis in the process of replication of potato starting material. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*. 2021;677:042030. doi.org/10.1088/1755-1315/677/4/042030
15. Hajare ST, Chauhan NM, Kassa G. Effect of growth regulators on *in vitro* micropropagation of potato. *Sci World J*. 2021;2021:5928769. doi.org/10.1155/2021/5928769
16. Volkov DV, Argynbayeva AM, Daurov DL, et al. Accelerated production of virus-free potato planting material using a bioreactor. *Acad J Phys Chem Sci [Internet]*. 2020 Oct 12 [cited 2026 Mar 31];5:56-62. doi.org/10.32014/2020.2518-1483.119
17. Char M, Subrahmanyeswari T, Bhattacharyya S, et al. Meta-topolin-induced *in vitro* propagation and genetic stability assessment of potato cv. Badami alu. *Plant Cell Tissue Organ Cult*. 2023;155:809-826. doi.org/10.1007/s11240-023-02601-8
18. Boubaker H, Saadaoui W, Dasgan HY, et al. Enhancing seed potato production from *in vitro* plantlets and microtubers. *Agronomy*. 2023;13:2541. doi.org/10.3390/agronomy13102541
19. Дауров Д, Абилда Ж, Календарь Р. Оптимизация регуляторов роста в жидкой питательной среде для получения микроклубней в биореакторе. *Izdenister Natigeler*. 2024;(3):230-239. doi.org/10.37884/3-2024/265
20. Jacome Sarchi GA, Coronel Montesdeoca NT, Hernandez F, et al. *In vitro* techniques for seed potato tuber production: a systematic review. *Plants*. 2025;14:2777. doi.org/10.3390/plants14172777
21. Bettoni JC, Wang MR, Wang QC. *In vitro* regeneration, micropropagation and germplasm conservation of horticultural plants. *Horticulturae*. 2024;10(1):45. doi.org/10.3390/horticulturae10010045
22. Nyawade S, Atieno E, Parker M, Sharma K. Potato rooted apical cuttings' productivity is shaped by mother plant physiological age and environment. *Potato Res*. 2026;69(2). doi.org/10.1007/s11540-025-09968-5
23. Daurov D, Daurova A, Sapakhova Z, et al. The impact of growth regulators and temporary immersion systems on potato explants. *Agronomy*. 2024;14:1782. doi.org/10.3390/agronomy14081782
24. Игнатъев ДИ, Подолян ЕА. Оптимизация питательных сред для размножения картофеля *in vitro*. *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2025;(5):39-45. doi.org/10.7868/S3034519725050075
25. Wang X, Zheng K, Na T, et al. Transcriptomic profiles reveal hormonal regulation of sugar-induced stolon initiation in potato. *Sci Rep*. 2025;15:19122. doi.org/10.1038/s41598-025-02215-4
26. El Boullani R, Lagram K, El Mousadik A, Serghini MA. Effect of explants density and size on *in vitro* proliferation of globe artichoke. *J Mater Environ Sci*. 2017;8(7):2469-2473
27. Martini AN, Vlachou G, Papafotiou M. Effect of explant origin and plant growth regulators on *Salvia tomentosa*. *Agronomy*. 2022;12(8):1889. doi.org/10.3390/agronomy12081889

28. Kara N, Baydar H. Effects of different explant sources on micropropagation in lavender. J Essent Oil Bear Plants. 2012;15:250-255
29. Papafotiou M, Vlachou G, Martini AN. Effects of explant type and growth regulators on *Salvia* spp. micropropagation. Horticulturae. 2023;9(1):96. doi.org/10.3390/horticulturae9010096
30. Joseph RM, Anil SR, Krishna R, et al. Role of season, explant source and media in *in vitro* tuberization. Int J Veg Sci. 2025;31(2):221-233. doi.org/10.1080/19315260.2025.2459843
31. Das R, Kretzschmar T, Mieog JC. Importance of media composition and explant type in *Cannabis sativa* tissue culture. Plants. 2024;13(18):2544. doi.org/10.3390/plants13182544
32. Anjum MA, Ali H. Effect of culture medium on organogenesis in potato genotypes. Biotechnology. 2004;3:187-193. doi.org/10.3923/biotech.2004.187.193
33. Дитченко ТИ. Культура клеток, тканей и органов растений. Минск: БГУ; 2007.

### Картоп сорттарының *in vitro* жағдайындағы морфогенезінің салыстырмалы сипаттамасы

В.А. Жиденко<sup>1</sup>, И.Н. Аникина <sup>\*2</sup>, А. Ибраева<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Торайғыров университеті, Павлодар, Қазақстан

**Аңдатпа.** Бұл мақалада картоптың әртүрлі сорттарының *in vitro* жағдайындағы морфогенезіне жүргізілген зерттеулердің нәтижелері ұсынылған. Зерттеудің мақсаты – бірдей культивирлеу параметрлері жағдайында микроклоналды көбейту кезінде картоп өсімдіктерінің өсуі мен дамуының сорттық ерекшеліктерін зерттеу және бағалау болып табылады.

Жұмыс барысында микроөсімдіктердің морфометриялық көрсеткіштеріне салыстырмалы талдау жүргізілді, оның ішінде өркендердің биіктігі, буынаралықтардың саны, жапырақ аппаратының қалыптасуы және культуралық өсімдіктердің тамыр жүйесінің даму ерекшеліктері қарастырылды. Зерттеу нәтижесінде Аризона, Балтик Роуз және Гала сияқты картоп сорттарының өсу қарқыны, өркендердің қалыптасу қарқындылығы және тамыр жүйесінің дамуы бойынша айтарлықтай айырмашылықтары бар екені анықталды. Бұл морфогенетикалық процестердің генотиптік тұрғыдан шартталғанын көрсетеді және картопты микроклоналды көбейту кезінде сортқа тән (сортоспецификалық) хаттамаларды әзірлеу қажеттілігін дәлелдейді. Сонымен қатар, өсімдіктердің өсуі мен дамуы бастапқы экспланттың сипаттамаларына тікелей тәуелді екені анықталды. Алынған нәтижелер картоптың сауықтырылған отырғызу материалын өндіретін өндірістік зертханаларда жұмыс жоспарлау әдістерін жетілдіруге, сондай-ақ оны микроклоналды көбейту технологияларын оңтайландыруға қолданылуы мүмкін.

**Түйін сөздер:** картоп, *in vitro*, микроклоналды көбейту, морфогенез, сорттық ерекшелік, ризогенез

## Comparative characteristics of morphogenesis in potato varieties under *in vitro* conditions

V.A. Zhidenko<sup>1</sup>, I.N. Anikina <sup>\*2</sup>, A. Ibraeva<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Toraighyrov University, Pavlodar, Kazakhstan

**Abstract.** This article presents the results of studies on the morphogenesis of various potato varieties under *in vitro* conditions. The aim of the study was to investigate and evaluate the varietal specificity of potato plant growth and development under *in vitro* culture conditions during microclonal propagation with identical cultivation parameters. During the study, a comparative analysis of the morphometric parameters of microplants was conducted, including shoot height, number of internodes, leaf formation, and characteristics of root system development in cultured plants. It was established that the potato varieties studied, such as Arizona, Baltic Rose, and Gala, differ significantly in growth rate, shoot formation intensity, and root system development, indicating that morphogenetic processes are genotypically determined, which confirms the need to develop variety-specific protocols for microclonal propagation of potatoes. A direct dependence of plant growth and development on the characteristics of the initial explant was also identified. The data obtained can be used to improve methods for planning work in production laboratories for the production of disease-free potato planting material, as well as to optimize technologies for its microclonal propagation.

**Keywords:** potato, *in vitro*, microclonal propagation, morphogenesis, variety specificity, rhizogenesis

### References

1. Zhigadlo TE. Raznoobrazie sortov kartofelya iz Mirovoj kolekcii VIR v severnykh usloviyakh [The diversity of potato varieties from the VIR World Collection under northern conditions]. *Ovoshchi Rossii* [Vegetables of Russia]. 2024;(3):30-35. doi.org/10.18619/2072-9146-2024-3-30-35
2. Tokbergenova Z, Aitbayev T, Sharipova D, et al. Potato (*Solanum tuberosum* L.) healthy planting material development through innovative methods. *Sabrao J Breed Genet*. 2025;57(3):1168-1179. doi.org/10.54910/sabrao2025.57.3.28
3. Abeuova LS, Kali BR, Rahimzhanova AO. Vysokochastotnaya pryamaya pobegovaya regeneraciya kazhastanskikh kommercheskikh sortov kartofelya [High-frequency direct shoot regeneration of Kazakhstani commercial potato varieties]. *PeerJ*. 2020;8:e9447. doi:10.7717/peerj.9447 doi.org/10.7717/peerj.9447
4. Asil MA, Beisov K, Tokbergenova ZhA, et al. Improvement of the potato seed production system on a virus-free basis in Almaty region. *Bulletin of the Karaganda University. Series «Biology. Medicine. Geography»*. 2024;29(1):28-35. doi.org/10.31489/2024BMG1/28-35
5. Suraganova AM, Suraganov MN. Biotehnologicheskie podhody k ozdorovleniyu i selekcii kartofelya (*Solanum tuberosum* L.) v Kazahstane i stranah Evrazii [Biotechnological Approaches to Potato Health Improvement and Breeding (*Solanum tuberosum* L.) in Kazakhstan and Eurasian Countries]. *Vestnik of M Kozybayev North Kazakhstan University*. 2025;(3):148-152. doi.org/10.54596/2958-0048-2025-3-148-152
6. Anikina I, Kamarova A, Issayeva K, et al. Plant protection from virus: a review of different approaches. *Front Plant Sci*. 2023;14:1163270. doi.org/10.3389/fpls.2023.1163270

7. Argynbaeva A, Daurov D, Sapahova Z. Virussy kartofelya v Kazahstane i metody polucheniya bezvirusnogo semennogo materiala [Potato Viruses in Kazakhstan and Methods for Producing Virus-Free Seed Potatoes]. *Bulletin of the L.N. Gumilyov Eurasian National University. Bioscience Series*. 2023;144(3):54-68
8. Anikina I, Kusainov A, ZHagiparova M, Insebaeva M. Temperaturnyj faktor vyrashchivaniya kak reguljator morfogeneza rastenij kartofelya *in vitro* [The temperature factor in cultivation as a regulator of potato plant morphogenesis *in vitro*]. *Bulletin of the L.N. Gumilyov Eurasian National University. Biology Series*. 2023;(4):54-62
9. Oves EV, Gaitova NA, SHishkina OA. Sohranenie sortovyh resursov kartofelya v polevoj i *in vitro* kollekciyah Federal'nogo issledovatel'skogo centra kartofelya imeni A.G. Lorha [Conservation of potato germplasm in field and *in vitro* collections at the A.G. Lorch Federal Potato Research Center]. *Biotehnologiya i selekciya rastenij* [Biotechnology and Plant Breeding]. 2022;5(1):28-41. doi.org/10.30901/2658-6266-2022-1-05
10. Batta S, Thakur AK, Singh R, et al. *In vitro* induction and plant regeneration in potato (*Solanum tuberosum* L.) cv. Kufri Sangam. *Vegetos*. 2025. doi.org/10.1007/s42535-025-01181-6
11. Sudheer WN, Praveen N, Al-Khayri JM, Jain SM. Role of plant tissue culture medium components. In: Rai AC, Kumar A, Modi A, Singh M, editors. *Advances in plant tissue culture*. Elsevier; 2022:51-83. doi.org/10.1016/B978-0-323-90795-8.00012-6
12. Gong H, Igiraneza C, Dusengemungu L. Major *in vitro* techniques for potato virus elimination and post eradication detection methods: a review. *Am J Potato Res*. 2019;96:379-389. doi.org/10.1007/s12230-019-09720-z
13. Melyan GH, Martirosyan YT, Sahakyan AJ, et al. Influence of nutrient medium components on *in vitro* tuberization of *Solanum tuberosum* L. *Life*. 2025;15(2):241. doi.org/10.3390/life15020241
14. Oves E, Anikina I, Gaitova N, et al. Evaluation parameters of *in vitro* morphogenesis in the process of replication of potato starting material. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*. 2021;677:042030. doi.org/10.1088/1755-1315/677/4/042030
15. Hajare ST, Chauhan NM, Kassa G. Effect of growth regulators on *in vitro* micropropagation of potato. *Sci World J*. 2021;2021:5928769. doi.org/10.1155/2021/5928769
16. Volkov DV, Argynbayeva AM, Daurov DL, et al. Accelerated production of virus-free potato planting material using a bioreactor. *Acad J Phys Chem Sci* [Internet]. 2020 Oct 12 [cited 2026 Mar 31];5:56-62. doi.org/10.32014/2020.2518-1483.119
17. Char M, Subrahmanyeswari T, Bhattacharyya S, et al. Meta-topolin-induced *in vitro* propagation and genetic stability assessment of potato cv. Badami alu. *Plant Cell Tissue Organ Cult*. 2023;155:809-826. doi.org/10.1007/s11240-023-02601-8
18. Boubaker H, Saadaoui W, Dasgan HY, et al. Enhancing seed potato production from *in vitro* plantlets and microtubers. *Agronomy*. 2023;13:2541. doi.org/10.3390/agronomy13102541
19. Daurov D, Abilda ZH, Kalendar' R. Optimizaciya reguljatorov rosta v zhidkoj pitatel'noj srede dlya polucheniya mikroklubnej v bioreaktore [Optimization of growth regulators in a liquid culture medium for the production of microtubers in a bioreactor]. *Izdenister Natigeler*. 2024;(3):230-239. doi.org/10.37884/3-2024/265
20. Jacome Sarchi GA, Coronel Montesdeoca NT, Hernandez F, et al. *In vitro* techniques for seed potato tuber production: a systematic review. *Plants*. 2025;14:2777. doi.org/10.3390/plants14172777
21. Bettoni JC, Wang MR, Wang QC. *In vitro* regeneration, micropropagation and germplasm conservation of horticultural plants. *Horticulturae*. 2024;10(1):45. doi.org/10.3390/horticulturae10010045

22. Nyawade S, Atieno E, Parker M, Sharma K. Potato rooted apical cuttings' productivity is shaped by mother plant physiological age and environment. *Potato Res.* 2026;69(2). doi.org/10.1007/s11540-025-09968-5
23. Daurov D, Daurova A, Sapakhova Z, et al. The impact of growth regulators and temporary immersion systems on potato explants. *Agronomy.* 2024;14:1782. doi.org/10.3390/agronomy14081782
24. Ignat'ev DI, Podolyan EA. Optimizaciya pitatel'nyh sred dlya razmnozheniya kartofelya *in vitro* [Optimization of culture media for *in vitro* potato propagation]. *Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki* [Journal of Russian Agricultural Science]. 2025;(5):39-45. doi.org/10.7868/S3034519725050075
25. Wang X, Zheng K, Na T, et al. Transcriptomic profiles reveal hormonal regulation of sugar-induced stolon initiation in potato. *Sci Rep.* 2025;15:19122. doi.org/10.1038/s41598-025-02215-4
26. El Boullani R, Lagram K, El Mousadik A, Serghini MA. Effect of explants density and size on *in vitro* proliferation of globe artichoke. *J Mater Environ Sci.* 2017;8(7):2469-2473
27. Martini AN, Vlachou G, Papafotiou M. Effect of explant origin and plant growth regulators on *Salvia tomentosa*. *Agronomy.* 2022;12(8):1889. doi.org/10.3390/agronomy12081889
28. Kara N, Baydar H. Effects of different explant sources on micropropagation in lavender. *J Essent Oil Bear Plants.* 2012;15:250-255
29. Papafotiou M, Vlachou G, Martini AN. Effects of explant type and growth regulators on *Salvia* spp. micropropagation. *Horticulturae.* 2023;9(1):96. doi.org/10.3390/horticulturae9010096
30. Joseph RM, Anil SR, Krishna R, et al. Role of season, explant source and media in *in vitro* tuberization. *Int J Veg Sci.* 2025;31(2):221-233. doi.org/10.1080/19315260.2025.2459843
31. Das R, Kretzschmar T, Mieog JC. Importance of media composition and explant type in *Cannabis sativa* tissue culture. *Plants.* 2024;13(18):2544. doi.org/10.3390/plants13182544
32. Anjum MA, Ali H. Effect of culture medium on organogenesis in potato genotypes. *Biotechnology.* 2004;3:187-193. doi.org/10.3923/biotech.2004.187.193
33. Ditchenko TI. Kul'tura kletok, tkanej i organov rastenij [Plant Cell, Tissue, and Organ Culture]. Minsk: BGU; 2007 [in Russian].

#### Сведения об авторах:

**Жиденко Виктория Александровна** – докторант по специальности «Биотехнология», факультет сельскохозяйственных наук, Торайгыров университет, ул. Ломова, 64, 140008, Павлодар, Казахстан\

**Аникина Ирина Николаевна** – автор-корреспондент, кандидат сельскохозяйственных наук, профессор, факультет сельскохозяйственных наук, Торайгыров университет, ул. Ломова, 64, 140008, Павлодар, Казахстан.

**Ибраева Аружан Досановна** – магистрант, факультет сельскохозяйственных наук, Торайгыров университет, ул. Ломова, 64, 140008, Павлодар, Казахстан.

#### Авторлар туралы мәлімет:

**Жиденко Виктория Александровна** – «Биотехнология» мамандығы бойынша докторант, Ауыл шаруашылық ғылымдар факультеті, Торайгыров университеті, Ломова көшесі, 64, 140008, Павлодар, Қазақстан.

**Аникина Ирина Николаевна** – хат-хабар авторы, ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, профессор, Ауыл шаруашылық ғылымдар факультеті, Торайгыров университеті, Ломова көшесі, 64, 140008, Павлодар, Қазақстан.

**Ибраева Аружан Досановна** – магистратура студенті, ауыл шаруашылығы ғылымдары факультеті, Торайғыров университеті, Ломова көшесі, 64, 140008, Павлодар, Қазақстан.

**Authors' information:**

**Zhidenko Viktoriya** – doctoral student in «Biotechnology», Faculty of Agricultural Sciences, Toraighyrov University, 64 Lomov Str, 140008, Pavlodar, Kazakhstan.

**Anikina Irina** – Corresponding author, Candidate of agricultural sciences, Professor, Faculty of Agricultural Sciences, Toraighyrov University, 64 Lomov Str, 140008, Pavlodar, Kazakhstan.

**Ibrayeva Aruzhan** – master's student, Faculty of Agricultural Sciences, Toraighyrov University, 64 Lomov Str, 140008, Pavlodar, Kazakhstan.