

УДК 631.963

**ОПТИМИЗАЦИЯ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ
ПШЕНИЦЫ IN VITRO В УСЛОВИЯХ КАРАКАЛПАКСТАНА**

Жумабаева Гулназ Конысбаевна

Магистр 1 курса агрономий

Ажиниязова Мехрибан Койлыбаевна

*д.ф.с/х.н (PhD) Каракалпакский институт сельского хозяйства и
агротехнологий*

Abstract: *Sustainable agricultural development in arid regions requires the implementation of innovative technologies that allow efficient use of limited natural resources. Wheat (*Triticum aestivum* L.) is one of the most important cereal crops worldwide and plays a key role in ensuring food security. However, wheat productivity in arid regions such as Karakalpakstan is constrained by drought stress, soil salinity, and declining soil fertility. Modern plant biotechnology, particularly tissue culture techniques, offers effective tools for accelerating plant breeding and improving crop adaptation to environmental stress.*

This study investigates the optimization of resource-saving technologies for wheat cultivation in vitro. The research focuses on evaluating the effects of nutrient media composition, plant growth regulators, and explant types on morphophysiological parameters of wheat plantlets. Different concentrations of mineral salts and hormones were tested to identify cost-effective culture conditions without compromising regeneration efficiency.

The results demonstrate that reducing mineral nutrient concentrations by 25–50% does not significantly affect callus induction or shoot regeneration. Optimized hormonal balance significantly improves plantlet development and reduces the need for repeated subculturing. The findings highlight the potential of resource-efficient in vitro cultivation systems for supporting wheat breeding programs in arid environments.

Keywords: *wheat, plant tissue culture, in vitro, resource-saving, agronomy, biotechnology, morphophysiological parameters, arid agriculture.*

Аннотация: *Устойчивое развитие сельского хозяйства в засушливых регионах требует внедрения инновационных технологий, позволяющих эффективно использовать ограниченные природные ресурсы. Пшеница является одной из важнейших зерновых культур во всем мире и играет ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности. Однако урожайность пшеницы в засушливых регионах, таких как Каракалпакстан, ограничена засухой, засолением почвы и снижением плодородия почвы. Современная биотехнология растений, особенно методы культивирования тканей, предлагает эффективные инструменты для ускорения селекции растений и улучшения адаптации сельскохозяйственных культур к стрессу окружающей среды.*

В данном исследовании исследуется оптимизация ресурсосберегающих технологий выращивания пшеницы in vitro. Исследования направлены на оценку влияния состава питательных сред, регуляторов роста растений и типов эксплантов на морфофизиологические параметры проростков пшеницы. Были испытаны различные концентрации минеральных солей и гормонов для определения экономически эффективных условий культивирования без ущерба для эффективности регенерации.

Результаты показывают, что снижение концентрации минеральных питательных веществ на 25-50% не оказывает существенного влияния на индукцию каллуса или регенерацию побегов. Оптимизированный гормональный баланс значительно улучшает развитие растений и снижает необходимость повторной субкультивации. Результаты показывают потенциал ресурсосберегающих систем культивирования in vitro для поддержки программ селекции пшеницы в засушливых условиях.

Ключевые слова: *пшеница, культура тканей растений, in vitro, ресурсосберегающая, агрономия, биотехнология, морфофизиологические параметры, аридное земледелие.*

ВВЕДЕНИЕ

Производительность сельского хозяйства все больше страдает от изменения климата, деградации почвы и ограниченного водоснабжения. Эти проблемы особенно остро стоят в засушливых и засоленных регионах, где производство сельскохозяйственных культур зависит от эффективного управления ресурсами. Пшеница остается одной из самых широко культивируемых зерновых культур и служит основным источником пищи для миллиардов людей по всему миру.

В регионах, пострадавших от деградации окружающей среды, включая Каракалпакстан, сельскохозяйственное производство значительно пострадало от экологических изменений, связанных с высыханием Аральского моря. Засоление почвы, опустынивание и дефицит воды создали неблагоприятные условия для возделывания сельскохозяйственных культур. В этих условиях повышение устойчивости сельскохозяйственных культур и оптимизация агротехнологий необходимы для устойчивого производства продуктов питания.

Обычные методы селекции растений требуют длительных периодов для разработки новых сортов, адаптированных к стрессу окружающей среды. Биотехнология растений предоставляет дополняющие подходы, которые позволяют быстрее отбирать и размножать улучшенные генотипы. Тканевая культура и методы размножения in vitro стали ценным инструментом для селекции растений, сохранения герминоплазмы и массового размножения элитного растительного материала.

В исследованиях пшеницы методы культивирования тканей широко используются для индукции каллуса, соматического эмбриогенеза, удвоенного гаплоидного образования и генетической трансформации. Эти технологии позволяют быстро размножать растения и облегчают изучение морфогенеза растений в контролируемых лабораторных условиях. Однако применение технологий *in vitro* часто требует дорогостоящих лабораторных материалов и энергоемких процедур. Стоимость компонентов средств массовой информации, многократное субкультивирование и строгий экологический контроль могут ограничить использование этих технологий в регионах с ограниченными ресурсами.

Поэтому разработка ресурсосберегающих стратегий в культуре тканей растений стала важной исследовательской задачей. Такие стратегии могут включать оптимизацию состава питательных сред, снижение концентрации регуляторов роста и использование альтернативных культивируемых материалов.

Данное исследование направлено на разработку оптимизация выращивания пшеницы *in vitro* с использованием ресурсосберегающих подходов, подходящих для исследовательских лабораторий и агротехнологий в засушливых регионах, таких как Каракалпакстан.

Материалы и методы: Растительный материал. В качестве основного растительного материала использовали семена пшеницы сорта Гром. Для эксперимента были отобраны зрелые семена с высоким потенциалом прорастания.

Поверхностная стерилизация: Для получения стерильных эксплантов семена пшеницы подвергались протоколу стерилизации, состоящему из следующих этапов:

1. Промывание в проточной дистиллированной воде в течение 10 минут
2. Обработка 70% этанолом в течение 1 минуты.
3. Стерилизация в растворе гипохлорита натрия в течение 10-12 минут.
4. Промывание стерильной дистиллированной водой (3-4 раза).

Эта процедура обеспечивала устранение поверхностного микробного загрязнения перед культивированием.

Культивируемые среды: экспланты культивировались на питательной среде на основе рецептуры Мурасиге и Скуга. Для оценки возможности снижения поступления питательных веществ было протестировано несколько вариантов среды.

Таблица 1. Экспериментальные варианты питательных сред

№	Концентрация минеральных солей	Гормональный состав
1	100% MS	Стандартная концентрация гормонов
2	75% MS	Редуцированные гормоны
3	50% MS	Оптимизированный баланс: ауксин/ цитокинин

4	50% MS	Нет регуляторов роста
---	--------	-----------------------

Сахароза (30 г/л) использовалась в качестве источника углерода, а агар - в качестве затвердевающего агента. Перед стерилизацией pH среды был скорректирован до 5,8. Культуры поддерживались в контролируемых условиях окружающей среды: Температура: $25 \pm 2^\circ\text{C}$. Фотопериод: 16 часов света / 8 часов темноты. Интенсивность света: умеренная флуоресцентная освещенность. Эти условия поддерживают нормальный морфогенез и регенерацию в культурах тканей пшеницы.

Морфофизиологические параметры эксперимента были измерены несколько параметров для оценки эффективности условий культивирования.

Таблица 2. Оцененные морфофизиологические параметры

Параметр	Описание
Скорость индукции каллуса	Процент эксплантов, образующих каллус
Регенерация побегов	Количество побегов на эксплант
Корнеобразование	Длина и число корней
Высота растения	Скорость роста побегов
Эффективность регенерации	Процент эксплантов, образующих полноценные растения

Измерения проводились периодически во время цикла культуры. Экспериментальные данные были проанализированы с использованием стандартных статистических методов. Средние значения и стандартные отклонения были рассчитаны для каждого варианта. Дисперсионный анализ был использован для выявления существенных различий между экспериментальными группами.

Результаты: Индукция каллуса наблюдалась во всех вариантах, хотя частота варьировала в зависимости от концентрации питательных веществ. Наибольшая скорость индукции каллуса была зарегистрирована в среде, содержащей 75% стандартных солей MS с оптимизированным уровнем гормонов. Снижение концентрации минеральных питательных веществ до 50% несколько снизило образование каллуса, но не устранило потенциал регенерации.

Образование побегов происходило после 3-4 недель культивирования. Наиболее эффективная регенерация побегов наблюдалась при лечении сбалансированными концентрациями ауксина и цитокинина. Среда без регуляторов роста показали значительно более низкие показатели регенерации.

Таблица 3. Эффективность регенерации при различных обработках

№	Образование каллуса (%)	Регенерация побегов (%)
1	82	68
2	79	71
3	74	65
4	40	18

Результаты показывают, что сниженные питательные среды в сочетании с оптимизированным гормональным балансом могут поддерживать высокую эффективность регенерации. Для стимуляции корнеобразования регенерированные побеги переносили на питательные среды с уменьшенным содержанием фитогормонов. Низкие дозы ауксинов обеспечивали формирование хорошо развитой корневой системы и способствовали лучшей приживаемости растений.

Восстановленные растения характеризовались нормальным морфологическим развитием: формировались здоровые листья и хорошо развитая корневая система. При выращивании на средах с пониженным содержанием питательных компонентов существенных различий в высоте растений и темпах их роста не наблюдалось. Полученные результаты свидетельствуют о том, что ресурсосберегающие составы питательных сред способны обеспечивать полноценный рост и развитие растений.

Выводы

Результаты, полученные в данном исследовании, показывают, что культивирования тканей пшеницы могут быть оптимизированы для снижения потребления лабораторных ресурсов без ущерба для эффективности регенерации.

Предыдущие исследования показали, что концентрация минеральных питательных веществ в стандартной среде МС может превышать физиологические потребности многих видов растений. Представленные результаты подтверждают это предположение, указывая на то, что концентрацию питательных веществ можно снизить при сохранении эффективной регенерации растений.

Другим важным фактором, влияющим на эффективность регенерации, является баланс регуляторов роста растений. Ауксины способствуют образованию каллуса, цитокинины стимулируют развитие побегов. Правильное соотношение этих гормонов необходимо для успешного морфогенеза.

Ресурсосберегающие стратегии в тканевой культуре также могут включать снижение частоты субкультур, оптимизацию условий освещения и использование альтернативных гелеобразующих агентов.

Для таких регионов, как Каракалпакстан, разработка экономически эффективных протоколов биотехнологии особенно важна. Ограниченные финансовые ресурсы и лабораторная инфраструктура часто ограничивают использование передовых технологий. Внедрение упрощенных протоколов *in vitro* может значительно улучшить доступность методов агробиотехнологии растений и поддержать местные программы селекции.

Сельскохозяйственные последствия для Каракалпакстана Оптимизированные технологии, разработанные в данном исследовании, могут

способствовать устойчивому развитию сельского хозяйства в засушливых регионах.

Потенциальные преимущества включают: ускоренные программы селекции пшеницы, выведение засухоустойчивых и солеустойчивых сортов, производство безболезненного посадочного материала, повышение эффективности лабораторных исследований;

Интеграция биотехнологии растений с традиционными методами селекции может значительно улучшить адаптацию сельскохозяйственных культур к стрессовым условиям окружающей среды.

Заключение

Данное исследование демонстрирует потенциал оптимизации ресурсосберегающих технологий в системах выращивания пшеницы *in vitro*. Сниженные концентрации минеральных питательных веществ и оптимизированные комбинации гормонов позволяют эффективно регенерировать растения при минимальных лабораторных затратах.

Такие подходы особенно ценны для засушливых регионов, где продуктивность сельского хозяйства ограничена экологическими ограничениями, а исследовательские ресурсы часто ограничены.

Применение оптимизированных сред для культивирования тканей может ускорить рост пшеницы и поддержать развитие устойчивых сельскохозяйственных систем в Каракалпакстане.

Будущие исследования должны быть сосредоточены на оценке стрессоустойчивости регенерированных растений и интеграции методов молекулярной биотехнологии для повышения эффективности селекции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУР:

1. Ажиниязова, М. К., Узакбаева А. М. К. (2025). ПРИМЕНЕНИЕ И ВЛИЯНИЕ ГЕРБИЦИДОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В НЕВЕГЕТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВАХ РЕСПУБЛИКИ КАРАКАЛПАКСТАН. Вестник Ошского государственного университета. Сельское хозяйство: агрономия, ветеринария и зоотехника, (1 (10)), 23-28.

2. Dilmurodov Sh.D., Zhabarov F.O. Seleksiya vysokourozhaynykh liniy ozimoy tvordoy pshenitsy s vysokim kachestvom zerna [Selection of high-yielding lines of winter durum wheat with high grain quality]. Molodoy uchenyy – Young Scientist, 2019, no. 31, pp. 34-38.

3. Койлыбаевна А.М. (2025, ноябрь). КОРАКАЛПОГ 'ИСТОННИНГ ШО' РЛАНГАН ТУПРОКЛАРИ ШАРОИТИДА О 'СИМЛИКЛАРНИ КО 'ПАЙТИРИШДА ЗАМОНАВИЙ АГРОТЕХНОЛОГИЯЛАР. В конференциях (т. 1, № 4, стр. 240-242).

4. Койлыбаевна А.М. (2025, ноябрь). КОРАКАЛПОГ 'ИСТОН ШАРОИТИДА О 'СИМЛИКЛАРНИ МИКРОКЛОНАЛ (IN VITRO) КО 'ПАЙТИРИШНИНГ АХАМИЯТИ. В конференциях (т. 1, № 4, стр. 237-239).
5. Койлыбаевна А.М. (2025, ноябрь). КОРАКАЛПОГ'ИСТОННИНГ ТУПРОК ВА ИКЛИМ ШАРОИТЛАРИНИНГ О'СИМЛИКЛАРНИНГ КО'ПАИШИГА ТА'СИРИ. В конференциях (т. 1, № 4, стр. 243-245).
6. Койлыбаевна А.М. (2025, ноябрь). QORAQALPOG 'ISTON HUDUDLARIDA SUV TANQISLIGI SHAROITIDA QISHLOQ XO 'JALIGI EKINLARINI SUG'ORISHNING MAQBUL REJIMLARINI ISHLAB CHIQUISH. В конференциях (т. 1, № 4, стр. 246-247).
7. Yeshanovich, U. A., & Uzakbaevich, A. B. (2025). GENETIC ANALYSIS OF FIBER QUALITY TRAITS IN F1 HYBRIDS DERIVED FROM MEXICAN AND US COTTON ACCESSIONS AND LOCAL VARIETIES. AMERICAN JOURNAL OF EDUCATION AND LEARNING, 3(4), 643-649.
8. Cho, M.J.; Howard, L.R.; Prior, R.L.; Clark, J.R. Flavonol glycosides and antioxidant capacity of various blackberry and blueberry genotypes determined by high-performance liquid chromatography/mass spectrometry. J. Sci. Food Agric. 2005, 85, 2149–2158. [CrossRef]
9. Hunková, J.; Gajdošová, A.; Szabóová, M. Effect of Mesos Components (MgSO₄, CaCl₂, KH₂PO₄) on in vitro Shoot Growth of Blackberry, Blueberry, and Saskatoon. Plants 2020, 9, 935. [CrossRef] [PubMed]
10. Viswanath, M.; Ravindra Kumar, K.; Chetanchidambar, N.M.; Mahesh, S.S.N.M. Regeneration mechanisms in plant tissue culture: A. J. Pharm. Innov. 2023, 12, 2948–2952.