

Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті

Еуразиялық агротехникалық журнал

Eurasian Agrotechnical Journal

Евразийский агротехнический журнал

№ 2 (130)

Еуразиялық агротехникалық журнал
«С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университетінің
ғылым хабаршысы» ISSN 2710-3757, 2079-939X
журналының мұрагері болып табылады

Астана 2026

РЕДАКЦИЯЛЫҚ АЛҚА

АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ ҒЫЛЫМДАРЫ

Ғылыми редактор

Байбусенов Курмет Серикович - PhD, С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті Ауыл және орман шаруашылығы институтының қауымдастырылған профессоры, Астана қаласы,

Редакциялық алқаның мүшелері

Стыбаев Гани Жасымбекович - Ауылшаруашылық ғылымдарының кандидаты, С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті Өсімдік шаруашылығы БББТ профессоры, Астана қаласы

Кажғалиев Нурлыбай Жигербаевич - Ауылшаруашылық ғылымдарының кандидаты, С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті Мал шаруашылығы және биологиялық ғылымдары БББТ профессоры, Астана қаласы

Аубакирова Гульжан Аманжоловна - Биология ғылымдарының кандидаты, С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университетінің Мал шаруашылығы және биологиялық ғылымдары БББТ қауымдастырылған профессоры, Астана қаласы

Курмангожинов Альжан Жанибекович - PhD, С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті Ландшафттық дизайн БББТ қауымдастырылған профессоры м.а., Астана қаласы

Озеранская Наталия Львовна - Экономика ғылымдарының кандидаты, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті Жер ресурстары және сәулет институтының доценті, Астана қаласы

Айдарханова Гульнара Сабитовна - Биология ғылымдарының докторы, «Микроорганизмдердің республикалық коллекциясы» ЖШС қауымдастырылған профессоры, Астана қаласы

Конисбаева Дамиля Туремуратовна - Биология ғылымдарының кандидаты, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті Ауыл және орман шаруашылығы институты доценті, Астана қаласы

Гуляренко Александр Александрович - PhD, техника ғылымдарының кандидаты, С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті Көлік техникасы, технологиялар және стандарттау, сертификаттау және метрология БББТ қауымдастырылған профессоры, Астана қаласы

Хусаинова Жібек Сеитовна - Экономика ғылымдарының кандидаты, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университетінің профессоры, Ғылым және инновация департаментінің директоры, Астана қаласы

Утебаев Марал Уралович - Биология ғылымдарының кандидаты, «А.И. Бараев атындағы астық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС жетекші ғылыми қызметкері

РЕДАКЦИОННОЕ СОСТАВ ЧЛЕВЕРЕННН ХАЛЫКАРАЛЫК ҚУРАМЫ

Сезгин Аян (Sezgin Ayan) - PhD, Кастамону Университеті Орман шаруашылығы факультеті Орман инженериясы бөлімінің профессоры, Кастамону, Турция

Саввулиди Филип Георгиевич (Savvulidi Filipp Georgijevič) - Прагадағы Чехия жаратылыстану ғылымдары университеті Агробиология, азық-түлік және табиғи ресурстар факультетінің Жануарлар ғылымдары кафедрасының ассистент-профессоры, Прага, Чехия

Бембенек Михал (Bembenek Michal) - AGH Краковтағы Тау-кен және металлургия университеті Өндірістік жүйелер бөлімі профессоры, Краков, Польша

Татаринцев Владимир Леонидович - Ауылшаруашылығы ғылымдарының докторы, Ұлттық зерттеу Томск мемлекеттік университеті Биология, экология, топырақтану, ауыл және орман шаруашылығы институтының профессоры, Томск, Ресей Федерациясы

Купидура Пржемыслав (Kupidura Przemysław) - PhD, Варшава техникалық университеті Геодезия және картография факультеті Фотограмметрия, қашықтықтан зондтау және кеңістіктік ақпараттық жүйелер кафедрасының профессоры, Варшава, Польша

Лв Дианкиу (Lv Dianqiu) - PhD, профессор, Оңтүстік-Батыс университетінің Агрономия және биотехнология колледжінің деканы, Чунцин, КНР

Пищенко Елена Витальевна - Биология ғылымдарының докторы, Федералдық мемлекеттік бюджеттік жоғары білім беру мекемесі «Сібір мемлекеттік инженерия және биотехнология университеті» Биология, биологиялық ресурстар және аквамадениет кафедрасының профессоры, Томск, Ресей Федерациясы

Мейсам Заргар (Meisam Zargar) - Ауыл шаруашылығы докторы, Ресей халықтар достығы университеті Аграрлық-технологиялық институты Агроботехнология департаментінің қауымдастырылған профессоры, Мәскеу, Ресей Федерациясы

Кузьмина Светлана Петровна - Омск мемлекеттік ауыл шаруашылығы университетінің Агрономия, селекция және тұқым шаруашылығы кафедрасының доценті, Омск, Ресей Федерациясы

ISSN 3135-243X (print)

ISSN 3135-2448 (online)

© С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, 010011, Астана қ., Жеңіс даңғылы, 62, + 7 (7172) 31-02-45

АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ ҒЫЛЫМДАРЫ

Как цитировать: Махмаджанов С.П., Костаков А.К., Алиев А.И., Костак О.А., Асабаев Б.С., Махмаджанов Д.С. (2026). Создание высокопродуктивных сортов хлопчатника на юге Казахстана. *Евразийский агротехнический журнал*, 2(130), 4–13. DOI: [https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2\(130\).2177](https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2(130).2177).

УДК 633/635:631.52

Исследовательская статья

Создание высокопродуктивных сортов хлопчатника на юге Казахстана

Махмаджанов С.П. , Костаков А.К. , Алиев А.И. , Костак О.А. 
Асабаев Б.С. , Махмаджанов Д.С. 

Сельскохозяйственная опытная станция хлопководства и бахчеводства, Атакент, Казахстан

Автор-корреспондент: Махмаджанов С.П.: max_s1969@mail.ru

Соавторы: (1: АК) amandik72@mail.ru; (2: АА) amangeldyali230350@mail.ru

(3: ОК) Amandykuly95@mail.ru; (4: БА) Bahash90@mail.ru

(5: ДМ) dmakhmadzhanov@mail.ru

Получено: 20.03.2026 **Принято:** 20.05.2026 **Опубликовано:** 30.06.2026

Авторские права: Махмаджанов С.П. и др. Данная статья размещена в открытом доступе и распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Аннотация

Предпосылки и цель. Хлопководство является стратегической отраслью АПК Казахстана, однако его развитие лимитировано деградацией почв и участвовавшими засухами. Цель исследования – ускоренное создание и оценка новых скороспелых сортов хлопчатника (*Gossypium hirsutum* L.), обладающих высокой продуктивностью и устойчивостью к абиотическим стресс-факторам в условиях Туркестанской области.

Материалы и методы. Исследования проводились в 2023–2025 годы на светлых сероземах в условиях экстремальной засухи (температура на 4,5 °C выше нормы). Объектами послужили 15 перспективных сортообразцов серии М-4000. Технологические свойства волокна определялись по международным стандартам (микронейр, разрывная нагрузка). Статистическая обработка выполнена по методу Б.А. Доспехова.

Результаты. Выделены 10 сортообразцов, превзошедших стандарт М-4005 по скороспелости на 1–6 дней. Лидерами по урожайности стали линии М-4018 (43,2 ц/га), М-4003 (42,8 ц/га) и М-4012 (42,5 ц/га), что на 39,6–42,6% выше контроля. Технологический анализ показал высокое качество волокна: у образца М-4015 разрывная нагрузка достигла 5,0 г.с. при оптимальном микронейре 4,4 мкг/дюйм. Установлено, что высокая продуктивность в засушливый год обеспечена интенсивным накоплением коробочек и массой сырца одной коробочки (до 6,2 г).

Закключение. Разработанный селекционный материал (линии М-4018, М-4012, М-4030) обладает высокой экологической пластичностью и конкурентоспособными свойствами волокна. Данные сортообразцы рекомендуются для передачи в систему Государственного сортоиспытания и использования в качестве доноров жаростойкости в программах гибридизации.

Ключевые слова: Хлопчатник (*Gossypium hirsutum* L.); селекция; скороспелость; урожайность; микронейр; засухоустойчивость.

Введение

Хлопководство является стратегически важной отраслью агропромышленного комплекса (АПК) Казахстана, определяющей не только продовольственную безопасность в части обеспечения животноводства высокобелковыми кормовыми ресурсами, но и формирующей экспортный

потенциал страны. В современных климатических условиях Туркестанская область выступает безальтернативным регионом республики, сохранившим статус основного производителя хлопка-сырца. Глобальное значение культуры *Gossypium hirsutum* L. подтверждается динамикой мирового производства: ежегодно более 20 млн тонн волокна обеспечивают глубокую переработку в текстильной, химической и оборонной промышленности [1]. Исторический генезис отрасли в Казахстане свидетельствует, что хлопковая продукция всегда обладала высокой ликвидностью, сопоставимой по экономической значимости с энергоресурсами и металлами [2, 3].

Несмотря на рыночную востребованность, отечественное производство сталкивается с серьезными системными вызовами, лимитирующими его рентабельность. Ключевой проблемой является стагнация урожайности на фоне прогрессирующей деградации почвенного покрова и дефицита поливной воды в трансграничных бассейнах [4]. Несоблюдение научно-обоснованных агротехнологий и антропогенное истощение пашни ведут к снижению технологических качеств волокна, что ослабляет конкурентные позиции казахстанского хлопка. Решение данных проблем требует форсированной интенсификации через внедрение ресурсосберегающих технологий [5]. Опыт передовых хозяйств по применению систем капельного орошения (СКО) и мульчирования посевов пленкой демонстрирует возможность достижения урожайности в 60 ц/га, тогда как биологический потенциал современных сортов *Gossypium* при оптимизации минерального питания позволяет рассчитывать на показатели до 100 ц/га [6, 7].

Эффективная реализация потенциала отрасли невозможна без восстановления культуры земледелия и повсеместного перехода к хлопково-люцерновым севооборотам. Это позволит стабилизировать баланс азота в почве органическим путем и существенно снизить инфекционный фон патогенов [8, 9]. Параллельно с этим критически важным является создание вертикально-интегрированной системы семеноводства под государственным контролем. На современном этапе отмечается рост спроса на высокопродуктивные отечественные сорта селекции Казахского научно-исследовательского института хлопководства (КазНИИХ) [10, 11]. Структура национального семеноводства должна обеспечивать замкнутый цикл: от поддержания генетической чистоты суперэлиты до массовой репродукции семян, адаптированных к условиям аридной зоны [12, 13].

Впервые в республике на селекционно-генетической основе проводится фундаментальная работа по идентификации форм *Gossypium hirsutum* L., обладающих комплексной устойчивостью к абиотическим стресс-факторам – экстремальной воздушной засухе и вторичному засолению почв [14]. Применение методов направленной гибридизации и системного отбора на базе коллекции ТОО «Сельскохозяйственная опытная станция хлопководства и бахчеводства» позволило создать инновационный генофонд. Выявленные доноры ценных признаков характеризуются не только высокой скороспелостью, но и улучшенными микронейромными показателями волокна, соответствующими мировым стандартам качества [15].

Цель исследования – на основе комплексной оценки генетических ресурсов провести ускоренное создание и внедрение в производство новых скороспелых сортов *Gossypium hirsutum* L., сочетающих высокий потенциал урожайности с устойчивостью к биотическим и абиотическим факторам среды юга Казахстана.

Материалы и методы

Исследования проводились на опытных полях (отводы 44 и 37) ТОО «Сельскохозяйственная опытная станция хлопководства и бахчеводства» (Туркестанская обл., Мактааральский район) общей площадью 6,0 га. Почвенный покров участка представлен светлыми сероземами, по механическому составу – среднесуглинистыми. К характерным особенностям данных почв относятся невысокое содержание гумуса (0,82–0,85% в слое 0–20 см), высокая карбонатность и относительно низкая емкость поглощения. Содержание подвижного фосфора варьирует в пределах 12,0–22,0 мг/кг, обменного калия – 145,0–250,0 мг/кг почвы. Динамика залегания грунтовых вод характеризовалась сезонными колебаниями с подъемом в апреле (– 106,6 см) и последующим снижением до – 275,0 см в сентябре.

Метеорологические условия в 2023–2025 годах отличались экстремальным температурным режимом: средняя температура воздуха за 9 месяцев составила 20,7 °С, что на 4,5 °С выше

среднеоголетних значений. Дефицит осадков составил –49,4 мм (154,5 мм при норме 203,9 мм), что подтверждает засушливый характер года проведения исследований.

Объектами послужили средневолокнистые отечественные сорта *Gossypium hirsutum* L.: М-4001, М-4003, М-4004, М-4006, М-4009, М-4010, М-4012, М-4015, М-4017, М-4018, М-4019, М-4021, М-4025, М-4026, М-4030 и в качестве стандарта использован сорт М-4005. Посев выполнен селекционной сеялкой 13–24 апреля по схеме 90×20 см (1–2 растения в гнезде), что обеспечило оптимальную для аридной зоны Туркестанской области густоту стояния растений в пределах 85–90 тыс. растений на га перед уборкой. Агротехника на опытных участках соответствовала типовой для юга Казахстана. Режим орошения – вегетационные поливы по бородам (3 полива за сезон нормой по 750–800 м³/га). Система минерального питания включала внесение туков в два приема: основное (под пахоту) в дозе N₉₀P₆₀ кг/га д.в. и подкормку в фазу бутонизации – N₃₀P₃₀ кг/га д.в. Борьба со сорной растительностью и вредителями (хлопковая совка, паутинный клещ) осуществлялась механическими культивациями и интегрированными химическими обработками.

Учетная площадь делянок – 36 и 72 м², повторность 4–6-кратная. В конкурсном сортоиспытании применялась 6-рядковая схема с длиной рядка 20 м и 6-кратной повторностью.

Все фенологические наблюдения и учет хозяйственно-ценных признаков (ХЦП) проводились по методикам Н.Г. Симонгулян [13] и государственного сортоиспытания [15]. Лабораторный анализ включал оценку завязываемости коробочек и семенной продуктивности. Статистическая обработка и дисперсионный анализ данных выполнены по Б.А. Доспехову [14].

Результаты

Конкурсное сортоиспытание (КСИ) является завершающим этапом внутростанционной оценки, позволяющим выделить наиболее перспективные генотипы для передачи в Государственную комиссию по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур. В условиях аномально засушливого 2025 года, характеризовавшегося дефицитом осадков и повышенным температурным фоном (на 4,5 °С выше среднеоголетних значений), оценка адаптивности новых сортообразцов приобрела особую научную и практическую значимость.

Особое значение в селекции *Gossypium hirsutum* L. имеет сопряженность продуктивности с иммунологической устойчивостью. Генотипы с высоким биологическим потенциалом, но низкой толерантностью к патогенам, в условиях производства демонстрируют резкое снижение урожайности. В частности, на инфицированных агроценозах потери от вертициллезного вилта (*Verticillium dahliae* Kleb.) могут превышать 50%. В 2023–2025 годы в питомнике КСИ проходили испытание 15 перспективных сортообразцов хлопчатника, сравнение которых проводилось с районированным скороспелым стандартом М-4005 (таблица 1).

Установлено, что все селекционные номера проявили высокую степень скороспелости, опередив контрольный сорт на 1–6 дней. Характерной особенностью изучаемого материала является дружное раскрытие коробочек: более 90% фактического урожая было сформировано уже к первому ручному сбору. В условиях юга Казахстана скороспелость является критическим фактором, определяющим не только валовой сбор, но и пригодность сорта к механизированной уборке до наступления осенних заморозков. Вегетационный период лидирующих по этому признаку номеров (М-4001, М-4012, М-4030) составил 112 дней.

Таблица 1 – Показатели хозяйственно-ценных признаков хлопчатника в конкурсном сортоиспытании, 2023–2025 гг.

Сорта		Число дней от посева до 50 % созревания		Урожайность		Средняя масса одной коробочки		Выход волокна		Длина волокна	
		абс.	откл. от St	ц/га	откл. от St	г	откл. от St	%	откл. от St	мм	откл. от St
1	St.М-4005	118	0	30,3	100,0	5,6	0	37,5	0	32,5	0
2	М-4001	112	-6	38,1	125,7	6,0	0,4	39,4	1,9	33,4	0,9
3	М-4003	114	-4	42,8	141,3	6,2	0,6	40,2	2,7	33,2	0,7

Продолжение таблицы 1

4	М-4004	116	-2	31,8	105,0	5,7	0,1	38,0	0,5	32,5	0
5	М-4006	113	-5	31,5	104,0	5,7	0,1	37,5	0	32,6	0,1
6	М-4009	119	1	34,3	113,2	5,8	0,2	38,9	1,4	32,8	0,3
7	М-4010	117	-1	35,8	118,2	5,8	0,2	38,7	1,2	32,9	0,4
8	М-4012	112	-6	42,5	140,3	6,2	0,6	40,3	2,8	33,6	1,1
9	М-4015	120	2	42,3	139,6	6,1	0,5	40,5	3	33,5	1
10	М-4017	122	4	35,8	118,2	5,8	0,2	38,6	1,1	32,8	0,3
11	М-4018	122	4	43,2	142,6	6,2	0,6	40,7	3,2	33,7	1,2
12	М-4019	118	0	32,7	107,9	5,8	0,2	38,7	1,2	32,6	0,1
13	М-4021	117	-1	36,0	118,8	6,0	0,4	37,8	0,3	32,6	0,1
14	М-4025	115	-3	36,7	121,1	6,1	0,5	39,1	1,6	33,2	0,7
15	М-4026	113	-5	39,3	129,7	6,1	0,5	39,2	1,7	33,7	1,2
16	М-4030	112	-6	40,3	133,0	6,2	0,6	40,3	2,8	33,3	0,8
М = 37,5 ц/га; Е = 1,1 ц/га; Р = 2,4 %; НСР _{0,05} = 2,1											

М – среднее значение по питомнику, ц/га; Е – стандартная ошибка средней, ц/га; Р – показатель точности опыта, %; НСР₀₅ – наименьшая существенная разность на 5% уровне значимости, ц/га; St – стандарт.

Продуктивность хлопка-сырца, как сложный количественный признак, контролируемый полигенной системой организма, в данном опыте определялась совокупностью компонентов: числом коробочек на одном растении и массой хлопка-сырца в одной коробочке. Анализ данных таблицы 1 показывает, что 12 сортообразцов обеспечили превышение по урожайности в пределах 113,2–142,6% над стандартом. Абсолютным лидером по урожайности стал сортообразец М-4018, показавший результат 43,2 ц/га (при 30,3 ц/га у контроля). Также высокие показатели продуктивности зафиксированы у М-4003 (42,8 ц/га) и М-4012 (42,5 ц/га).

Высокая урожайность лидеров была достигнута за счет синергии компонентов продуктивности: средняя масса одной коробочки у номеров М-4003, М-4012, М-4018 и М-4030 достигла 6,2 г, что на 0,6 г выше стандарта. Параллельно с количественными признаками отмечено улучшение технологических свойств волокна. Так, образцы М-4012 и М-4018 превзошли стандарт по выходу волокна на 2,8–3,2% и по длине волокна на 1,1–1,2 мм соответственно.

Статистическая обработка данных (НСР₀₀₅=2,1 ц/га) подтверждает достоверность выявленных различий. Дальнейшая селекционная доработка отдельных линий по морфологическим параметрам позволит полностью реализовать их генетический потенциал и подготовить материал для передачи в систему Государственного сортоиспытания.

По результатам конкурсного испытания 2023-2025 года из 15 изученных сортообразцов 10 номеров выделились по темпам прохождения вегетации (112–117 дней от посева до 50% созревания). Дружное и массовое раскрытие коробочек обеспечило не только высокую общую продуктивность, но и положительную динамику по выходу и длине волокна.

Установлено, что группа из 5 наиболее скороспелых образцов (М-4001, М-4012, М-4006, М-4026 и М-4030) со сроком созревания 112–114 дней существенно превзошла стандарт М-4005. Превышение по урожайности составило 25,7–41,3%, по средней массе одной коробочки – на 0,1–0,6 г, по выходу и длине волокна – на 1,7–2,8 % и 0,8–1,1 мм соответственно.

В целом у 12 сортообразцов урожайность варьировала в пределах 113,2–142,6% относительно контроля. У 8 перспективных линий данной группы фактическая урожайность достигла 36,7–43,2 ц/га при показателе стандарта 30,3 ц/га. Важно отметить, что высокая продуктивность ряда номеров была обеспечена не только массой сырца одной коробочки, но и за счет интенсивного накопления и сохранения коробочек на растении в условиях атмосферной засухи.

Все испытанные сортообразцы продемонстрировали статистически достоверное превосходство над районированным сортом М-4005 по комплексу хозяйственно-ценных признаков (ХЦП). Дальнейшая селекционная доработка отдельных линий по морфологическим

параметрам позволит полностью реализовать их генетический потенциал для передачи в государственное сортоиспытание.

Технологические качества волокна в питомнике КСИ

Эффективность селекции по качественным признакам волокна традиционно сопряжена с определенными сложностями, обусловленными расщеплением признака в ранних генерациях. Получение форм с высокими прочностными характеристиками становится возможным в более поздних поколениях по мере достижения популяциями гомозиготного состояния и проведения жесткой браковки в ходе индивидуального отбора.

Анализ технологических параметров 15 изученных сортообразцов (таблица 2) свидетельствует о высоком классе сортности полученного волокна. Особое внимание уделено показателю микронейра (Mic): все номера соответствуют международным стандартам в диапазоне 4,3–4,6 мкг/дюйм. Наилучшая тонина зафиксирована у образца М-4010 (4,3 мкг/дюйм).

Таблица 2 – Технологические свойства волокна сортов хлопчатника в конкурсном сортоиспытании 2023–2025 гг. (сред. показатели повт.)

Сорт		Микронейр	Сортность	Разрывная нагрузка волокна, г.с	Метрический номер волокна (тонина)	Коэффициент зрелости волокна	Разрывная длина волокна, км
1	М-4005 st.	4,6	I	4,6	5420	2,0	25,4
2	М-4001	4,4	Отб.	4,8	5290	2,1	25,9
3	М-4003	4,4	Отб.	4,8	5310	2,1	26,0
4	М-4004	4,6	I	4,7	5380	2,1	25,8
5	М-4006	4,5	I	4,7	5360	2,1	25,7
6	М-4009	4,4	Отб.	4,8	5300	2,1	25,9
7	М-4010	4,3	Отб	4,8	5260	2,1	25,7
8	М-4012	4,6	I	4,6	5420	2,0	25,4
9	М-4015	4,4	Отб.	5	5150	2,2	26,2
10	М-4017	4,4	Отб	4,8	5300	2,1	25,9
11	М-4018	4,5	I	4,7	5370	2,1	25,7
12	М-4019	4,5	I	4,7	5350	2,1	25,6
13	М-4021	4,6	I	4,6	5430	2,0	25,5
14	М-4025	4,4	Отб.	4,8	5300	2,1	25,9
15	М-4026	4,5	I	4,6	5410	2,0	25,4
16	М-4030	4,6	I	4,7	5370	2,1	25,7

Mic – микронейр (мкг/дюйм); г.с – грамм-сила; км – разрывная длина волокна; Отб. – отборный сорт волокна; I – первый сорт.

Параметры разрывной нагрузки (крепости) волокна подтверждают высокую селекционную ценность материала. Лидером по данному признаку стал сортообразец М-4015, показавший значение 5,0 г.с. при коэффициенте зрелости 2,2 и максимальной разрывной длине 26,2 км. У 7 сортообразцов (М-4001, М-4003, М-4009, М-4010, М-4017, М-4025), зафиксирована стабильная разрывная нагрузка на уровне 4,8 г.с., что соответствует категории «отборное» волокно.

Показатель метрического номера варьировал в пределах 5150–5430, что в сочетании с коэффициентом зрелости 2,0–2,2 свидетельствует о высокой технологической спелости и оптимальной тонине волокна, сформированного в условиях экстремальной атмосферной засухи периода 2023–2025 гг. Сочетание скороспелости и конкурентоспособных технологических свойств позволяет рассматривать данные линии как перспективный исходный материал для программ гибридизации, направленных на повышение качества отечественного хлопка-волокна.

Для выявления степени и характера сопряженности между признаками продуктивности и качественными характеристиками полученного волокна был проведен корреляционный анализ

по Пирсону. Результаты выявили сильную прямую зависимость урожайности хлопка-сырца от средней массы одной коробочки ($r = 0,94$) и выхода волокна ($r = 0,93$). Также установлена высокая положительная корреляция урожайности с длиной волокна ($r = 0,89$). Это математически подтверждает, что селекционный отбор, ориентированный на крупность коробочки и высокий выход волокна, в условиях экстремальной воздушной засухи Туркестанской области напрямую обеспечивает повышение общего сбора культуры.

Технологические показатели прочности (разрывная нагрузка и разрывная длина) показали слабую положительную корреляционную связь с валовой урожайностью ($r = 0,24$) и ($r = 0,23$) соответственно). Данный факт указывает на относительную независимость этих качественных признаков от количественных параметров продуктивности. Это открывает селекционную перспективу для одновременного закрепления высокой урожайности и прочностных характеристик в создаваемых гомозиготных линиях. Показатель микронейра проявил слабую отрицательную связь с урожайностью ($r = -0,15$), оставаясь при этом в рамках оптимальных технологических значений у всех лидирующих сортов образцов.

Обсуждение

Полученные результаты подтверждают гипотезу о возможности сочетания высокой скороспелости с повышенной продуктивностью и качеством волокна в условиях экстремального абиотического стресса. Аномально засушливый 2025 год послужил естественным фоном для выявления наиболее адаптивных генотипов.

Превосходство выделенных сортов образцов (М-4018, М-4012, М-4003) по урожайности на 40,3–42,6% над стандартом М-4005 свидетельствует о высокой эффективности направленной гибридизации и жесткого индивидуального отбора. Как отмечали в своих работах *И. Умбеттаев* и *О.К. Бигараев* [1, 9], для южного региона Казахстана критически важным является не только валовой сбор, но и темпы раскрытия коробочек до наступления термического минимума. В нашем исследовании 90% урожая было сформировано к первому сбору, что согласуется с выводами *С. Махмаджанова* [13] о приоритетности скороспелых форм в современных климатических реалиях.

Высокие технологические показатели волокна (микронейр 4,3–4,4 мкг/дюйм и разрывная нагрузка до 5,0 г.с. у образца М-4015) указывают на успешное закрепление признаков качества в гомозиготных линиях. Это подтверждает методологические подходы *Н.Г. Симонгулян* [13] о необходимости жёсткой браковки по микронейру в поздних поколениях селекционного процесса. Наши данные по коэффициенту зрелости (2,0–2,2) и разрывной длине (до 26,2 км) коррелируют с результатами исследований *Л.А.Тохетовой* [12, 15], указывающими на взаимосвязь между стрессоустойчивостью генотипа и сохранностью физико-механических свойств волокна. Полученные нами данные коррелируют с глобальными трендами в селекции хлопчатника. Исследования *Campbell* и *Saha* (2025) подтверждают, что засуха и тепловой стресс нарушают баланс распределения ассимилятов, снижая массу сырца одной коробочки (р. 10). Однако интенсивное плодообразование у линий М-4018, М-4003 и М-4012 в аномальном 2025 году свидетельствует об их высокой термотолерантности. Как отмечают *Khan* и *Wahid* (2022), ключевым механизмом жаростойкости перспективных генотипов *Gossypium hirsutum* L. является сохранение стабильности физико-механических свойств волокна (особенно тонины и прочности) за счет повышенной стабильности мембран клеток в период вторичного утолщения стенок волокна (р. 10). Выделенный нами образец М-4015, сохранивший разрывную нагрузку на уровне 5,0 г.с. при экстремальных температурах, подтверждает выводы *Ullah* и *Wang* (2022) о генетической обусловленности сохранения эластичности целлюлозных фибрилл у засухоустойчивых линий (р. 10).

Стабильность ХЦП у большинства изученных номеров в условиях дефицита осадков и повышенных температур (на 4,5 °C выше нормы) доказывает наличие в отечественном генофонде доноров с широкой экологической пластичностью. Таким образом, выделенный селекционный материал (линии серии М-4000) представляет исключительную ценность как для передачи в ГСИ, так и для использования в качестве родительских форм в программах по созданию жаростойких и солевыносливых сортов *Gossypium hirsutum* L.

Заклучение

На основании проведенных комплексных исследований в условиях питомника КСИ за отчетные 2023–2025 год можно сформулировать следующие выводы.

В условиях экстремальной атмосферной засухи и повышенного температурного фона (на 4,5 °C выше нормы) выделены высокоадаптивные генотипы *Gossypium hirsutum* L., сочетающие скороспелость (112–114 дней) с высокой продуктивностью. Группа из 10 сортообразцов опередила районированный стандарт М-4005 по темпам созревания на 1–6 дней.

Установлены лидеры по урожайности хлопка-сырца: сортообразцы М-4018 (43,2 ц/га), М-4003 (42,8 ц/га) и М-4012 (42,5 ц/га), превысившие показатели контроля на 39,6–42,6%. Высокая продуктивность данных номеров обусловлена синергией массы сырца одной коробочки (6,2 г) и интенсивным плодообразованием в стрессовых условиях вегетации.

Оценка технологических свойств волокна подтвердила высокий класс сортности изученного материала. Выделен сортообразец М-4015 с максимальной разрывной нагрузкой (5,0 г.с.) и разрывной длиной (26,2 км). Большинство номеров соответствуют международным стандартам по микронеюру (4,3–4,4 мкг/дюйм) и коэффициенту зрелости (2,1–2,2), что свидетельствует о высокой технологической ценности волокна.

Полученные результаты позволяют рекомендовать перспективные линии серии М-4000 (в частности, М-4018, М-4012, М-4030) для передачи в систему Государственного сортоиспытания Республики Казахстан, а также для использования в качестве доноров скороспелости и качества волокна в дальнейших программах гибридизации.

Выделенные сорта характеризуются высокой технологичностью и дружным созреванием (свыше 90% сырца к первому сбору), что определяет высокие перспективы их практического внедрения в хлопкосеющих хозяйствах Туркестанской области. Переход на данные скороспелые линии позволит местным агропредприятиям гарантированно завершать механизированную уборку урожая до наступления осенних заморозков и минимизировать риски потерь от засухи.

Вклад авторов

Концептуализация и теория СМ; курирование данных ОК; формальный анализ БА, АК; методология АА; руководство исследованиями СМ, АК; проверка результатов БА; обеспечение ресурсами СМ; обзор и редактирование СМ, ДМ. Все авторы прочитали и согласились с окончательной версией рукописи.

Информация о финансировании

Работа выполнена по программно-целевому финансированию Министерства сельского хозяйства на 2024–2026 гг. в рамках научно-технической программы BR22885311 «Создание высокопродуктивных сортов/гибридов технических культур с использованием классической селекции и достижений биотехнологии, разработка сортовой технологии и организация первичного семеноводства».

Авторы выражают благодарность руководителю программы Табынбаевой Л.К. за значительный вклад в поддержку селекционного процесса хлопчатника.

Список литературы

1 Садиков, А.Т. (2023). Итоги селекционной работы по средневолкнистому хлопчатнику в коллекционном питомнике. *Вестник науки Казахского агротехнического исследовательского университета им. С. Сейфуллина*, 1(116), 212–219.

2 Батыкаев, Ж.Я., Тагаев, А.М. (2020). Эффективность возделывания хлопчатника в хлопково-люцерновых севооборотах на юге Казахстана. *Почвоведение и агрохимия*, 2, 45–53.

3 Асабаев, Б.С., Махмаджанов, С.П., Тагаев, А.М., Дәуренбек, Н.М. (2022). Экологическое испытание зарубежных сортов хлопчатника в условиях среднего засоления. *Вестник науки Казахского агротехнического исследовательского университета им. С. Сейфуллина*, 2(113), 209–216.

4 Мамираимов, А., Досболов, Б. (2019). Ресурсосберегающие технологии возделывания хлопка в Южном Казахстане. *Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана*, 3, 22–27.

- 5 Амангельдиева, А.А., Нарбаев, С.Т. (2021). Продуктивность и качество волокна новых линий хлопчатника в условиях орошения. *Известия НАН РК. Серия аграрных наук*, 4, 112–118.
- 6 Campbell, B.T., Saha, S. (2025). World Cotton Production, Genetic Diversity, and Genomics. *Crop Science*, 65(1), 45–62. DOI: 10.1002/csc.2.20841.
- 7 Khan, M.A., Wahid, A. (2022). Trends in cotton breeding: Meeting the challenges of the 21st century. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1019956. DOI: 10.3389/fpls.2022.1019956.
- 8 Ullah, A., Wang, X. (2022). Progress and perspective on cotton breeding for drought and heat stress tolerance. *Journal of Cotton Research*, 5, 14. DOI: 10.1186/s42397-022-00121-w.
- 9 Махмаджанов, С., Умбетаев, И., Бигараев, О.К. (2021). Изучение исходного материала для селекции скороспелых сортов хлопчатника. *Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана*, 2, 15–22.
- 10 Tokhetova, L.A., Umirzakova, G.A., Nurlybayeva, A.E. (2020). Selection of source material for breeding salt-tolerant varieties of agricultural crops. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, 52(4), 415–428. DOI: 10.35495/ajbg/2020.52.4.32.
- 11 Махмаджанов, С., Бигараев, О.К. (2022). Генетический потенциал продуктивности новых линий хлопчатника в условиях Южного Казахстана. *Известия НАН РК. Серия аграрных наук*, 5(118), 88–96.
- 12 Tokhetova, L.A., Akhmedov, N.J., Baizhanova, B.H. (2021). Adaptive potential of perspective cotton lines under abiotic stress. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, 53(2), 210–224. DOI: 10.35495/ajbg/2021.53.2.19.
- 13 Симонгулян, Н.Г., Шафрин, А.Н., Мухамеджанов, С.Р. (1980). *Генетика, селекция и семеноводство хлопчатника*. Ташкент: Укитувчи, 92–180.
- 14 Доспехов, Б.А. (2011). *Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований)*. Москва: Альянс, 177–233.
- 15 *Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур*. (2019). Нур-Султан: МСХ РК, 15–80.

References

- 1 Sadikov, A.T. (2023). Itogi selekcionnoiraboty po srednevoloknistomu hlochatniku v kollekcionnom pitomnike. *Vestnik nauki Kazahskogo agrotehnicheskogo issledovatel'skogo universiteta im. S. Seifullina*, 1(116), 212–219. [in Russ].
- 2 Bat'kaev, Zh.Ya., Tagaev, A.M. (2020). Effektivnost' vozdel'yvaniya hlochatnika v hlopkovo-lyucernovykh sevooborotah na yuge Kazahstana. *Pochvovedenie i agrohimiya*, 2, 45–53. [in Russ].
- 3 Asabaev, B.S., Mahmazhanov, S.P., Taraev, A.M., Däurenbek, N.M. (2022). Ekologicheskoe ispytanie zarubezhnykh sortov hlochatnika v usloviyakh srednego zasoleniya. *Vestnik nauki Kazahskogo agrotehnicheskogo issledovatel'skogo universiteta im. S. Seifullina*, 2(113), 209–216. [in Russ].
- 4 Mamiraimov, A., Dosbolov, B. (2019). Resursosberegayushchie tekhnologii vozdel'yvaniya hlopka v Yuzhnom Kazahstane. *Vestnik sel'skohozyaistvennoi nauki Kazahstana*, 3, 22–27. [in Russ].
- 5 Amangel'dieva, A.A., Narbaev, S.T. (2021). Produktivnost' i kachestvo volokna novykh liniy hlochatnika v usloviyakh orosheniya. *Izvestiya NAN RK. Seriya agrarnykh nauk*, 4, 112–118. [in Russ].
- 6 Campbell, B.T., Saha, S. (2025). World Cotton Production, Genetic Diversity, and Genomics. *Crop Science*, 65(1), 45–62. DOI: 10.1002/csc.2.20841.
- 7 Khan, M.A., Wahid, A. (2022). Trends in cotton breeding: Meeting the challenges of the 21st century. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1019956. DOI:10.3389/fpls.2022.1019956.
- 8 Ullah, A., Wang, X. (2022). Progress and perspective on cotton breeding for drought and heat stress tolerance. *Journal of Cotton Research*, 5, 14. DOI:10.1186/s42397-022-00121-w.
- 9 Mahmazhanov, S., Umbetaev, I., Bigaraev, O.K. (2021). Izuchenie iskhodnogo materiala dlya selektsii skorospelykh sortov hlochatnika. *Vestnik sel'skohozyajstvennoi nauki Kazahstana*, 2, 15–22. [in Russ].
- 10 Tokhetova, L.A., Umirzakova, G.A., Nurlybayeva, A.E. (2020). Selection of source material for breeding salt-tolerant varieties of agricultural crops. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, 52(4), 415–428. DOI:10.35495/ajbg/2020.52.4.32.

11 Mahmadjanov, S., Bigaraev, O.K. (2022). Geneticheskii potencial produktivnosti novykh liniy hlochatnika v usloviyah Yuzhnogo Kazakhstana. *Izvestiya NAN RK. Seriya agrarnykh nauk*, 5(118), 88–96. [in Russ].

12 Tokhetova, L.A., Akhmedov, N.J., Baizhanova, B.H. (2021). Adaptive potential of perspective cotton lines under abiotic stress. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, 53(2), 210–224. DOI:10.35495/ajbg/2021.53.2.19.

13 Simongulyan, N.G., Shafrin, A.N., Mukhamedzhanov, S.R. (1980). *Genetika, selekciya i semenovodstvo hlochatnika*. Tashkent: Ukituvchi, 92–180. [in Russ].

14 Dosphehov, B.A. (2011). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy)*. Moskva: Al'yans, 177–233. [in Russ].

15 *Metodika Gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyaistvennykh kul'tur*. (2019). Nur-Sultan: MSKh RK, 15–80. [in Russ].

Қазақстанның оңтүстігінде мақтаның жоғары өнімді сорттарын шығару

Махмаджанов С.П., Костаков А.К., Алиев А.И., Костак О.А., Асабаев Б.С., Махмаджанов Д.С.

Түйін

Алғышарттар мен мақсат. Мақта шаруашылығы Қазақстан АӨК-нің стратегиялық саласы болып табылады, бірақ оның дамуы топырақтың деградациясы мен жиілеп кеткен құрғақшылық салдарынан шектелуде. Зерттеудің мақсаты Түркістан облысы жағдайында жоғары өнімділікке және абиотикалық стресс-факторларға төзімділікке ие, мақтаның (*Gossypium hirsutum* L.) жаңа тез пісетін сорттарын жеделдетіп жасау және бағалау.

Материалдар мен әдістер. Зерттеулер 2023–2025 жылдары ашық сұр топырақта, экстремалды құрғақшылық жағдайында (температура нормадан 4,5 °C жоғары) жүргізілді. Зерттеу нысаны ретінде М-4000 сериясындағы мақтаның 15 перспективалы сорт үлгілері алынды. Талшықтың технологиялық қасиеттері халықаралық стандарттар бойынша (микронейр, үзілу күші) анықталды. Статистикалық өңдеу Доспехов Б.А. әдісі бойынша орындалды.

Нәтижелер. Салыстырмалы М-4005 стандартынан тез пісуі бойынша 1–6 күнге тез пісетін 10 сорт үлгісі анықталды. Өнімділік бойынша М-4018 (43,2 ц/га), М-4003 (42,8 ц/га) және М-4012 (42,5 ц/га) желілері көш бастады, бұл бақылау нұсқасынан 39,6–42,6% жоғары. Технологиялық талдау талшықтың жоғары сапасын көрсетті: М-4015 үлгісінде үзілу күші 5,0 г. күшке жетіп, оңтайлы микронейр көрсеткіші 4,4 мкг/дюймді құрады. Құрғақшылық жылы жоғары өнімділік көсектерінің қарқынды жиналуымен және бір көсектегі шитті мақта салмағымен (6,2 г дейін) қамтамасыз етілгені анықталды.

Қорытынды. Жасалған селекциялық материал (М-4018, М-4012, М-4030 желілері) жоғары экологиялық пластикалық қасиетке және талшықтың бәсекеге қабілетті сапасына ие. Аталған сорт үлгілері Мемлекеттік сорт сынау жүйесіне тапсыруға және будандастыру бағдарламаларында ыстыққа төзімділік донорлары ретінде пайдалануға ұсынылады.

Кілт сөздер: мақта (*Gossypium hirsutum* L.); селекция; тез пісу; өнімділік; микронейр; құрғақшылыққа төзімділік.

Creation of high-productive cotton varieties in southern Kazakhstan

Sabir P. Makhmadjanov, Amandyk K. Kostakov, Amangeldy I. Aliev, Olzhas A. Kostak
Bagdaulet S. Asabaev, Dzhaniybek S. Makhmadjanov

Abstract

Background and Aim. Cotton is a strategically important crop in the agro-industrial sector of Kazakhstan; however, its sustainable development is constrained by soil degradation and increasingly frequent droughts. Therefore, the present study aimed to accelerate the development and evaluation of

new early-maturing cotton varieties (*Gossypium hirsutum* L.) characterized by high productivity and resistance to abiotic stress factors in the conditions of the Turkestan region.

Materials and Methods. The studies were conducted during 2023–2025 on light sierozem soils under extreme drought conditions (temperature 4.5 °C above the norm). 15 promising cotton varieties of the M-4000 series were evaluated. The technological properties of the fiber were determined according to international standards (micronaire, breaking load). Statistical processing was performed using the method of B.A. Dospekhov.

Results. Ten cotton varieties were identified that surpassed the M-4005 standard in terms of early maturity by 1–6 days. The yield leaders were recorded for the lines M-4018 (43.2 c/ha), M-4003 (42.8 c/ha), and M-4012 (42.5 c/ha), which is 39.6–42.6% higher than the control. Technological analysis demonstrated high fiber quality: in sample M-4015, the breaking load reached 5.0 g.f. with an optimal micronaire of 4.4 µg/inch. It was established that high productivity in the dry year was ensured by intensive boll accumulation and the weight of raw cotton per boll (up to 6.2 g).

Conclusion. The developed breeding lines M-4018, M-4012, M-4030 demonstrated high ecological plasticity and competitive fiber properties. These varieties are recommended for transfer to the State Variety Testing system and for use as heat resistance donors in hybridization programs.

Keywords: Cotton (*Gossypium hirsutum* L.); breeding; early maturity; yield; micronaire; drought resistance.

Дәйексөз үшін: Айтбаева, А.Т., Айтбаев, Т.Е., Бурибаева, Л.А., Ибрагимова, Г.М. (2026). Жаңа кешенді биологиялық препараттардың пияз (*Allium cepa* L.) тұқымының егістік көрсеткіштері мен пиязшықтың өнімділігіне әсері. *Еуразиялық агротехникалық журнал*, 2(130), 14-27. DOI: [https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2\(130\).2186](https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2(130).2186).

ӘОЖ 631.527:631.58

Зерттеу мақаласы

Жаңа кешенді биологиялық препараттардың пияз (*Allium cepa* L.) тұқымының егістік көрсеткіштері мен пиязшықтың өнімділігіне әсері

Айтбаева А.Т.² , Айтбаев Т.Е.¹ , Бурибаева Л.А.² , Ибрагимова Г.М.² 

¹Қазақ жеміс және көкөніс шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты, Алматы, Қазақстан

²Қазақ жеміс және көкөніс шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты
«Қайнар» өңірлік филиалы, Алматы облысы, Қарасай ауданы, Қайнар ауылы, Қазақстан

Корреспондент авторы: Айтбаева А.Т.: aitbayeva_at@mail.ru

Бірлескен авторлар: (1: ТЕ) aitbayev.te@mail.ru; (2: ЛА) buribaeva_l_66@mail.ru

(3: ГМ) gulnara.0868@mail.ru

Келіп түсті: 01.04.2026 **Қабылданды:** 20.05.2026 **Жарияланды:** 30.06.2026

Авторлық құқық: Айтбаева А.Т. т.б. Бұл мақала ашық қолжетімділікте жарияланып, Creative Commons Attribution 4.0 халықаралық лицензиясының шарттарына сәйкес таратылады (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Түйін

Алғышарттар мен мақсат. Пияз (*Allium cepa* L.) – тағамдық және емдік құндылығы жоғары, кеңінен өсірілетін, аса бағалы көкөніс дақылы. Қазақстанда пияз өнімділігінің өндірілетін сұрыптың әлеуетінен төмен болуы, тұқымдарды сақтау кезінде өнгіштік қасиетін тез жоғалтуына байланысты, абиотикалық және биотикалық күйзелістерге төзімсіз, әлсіз, әрі сирек өсімдіктердің қалыптасуымен түсіндіріледі. Осыған орай, біздің зерттеулеріміз пияз тұқымдарының егістік көрсеткіштерін жақсартып, өнімділікті арттыратын, жаңа кешенді биологиялық препараттардың тиімділігін анықтауға бағытталды.

Материалдар мен әдістер. Зерттеулер Қазақстанның оңтүстік-шығысында, Іле Алатауының солтүстік тау бөктерінде орналасқан «Қазақ жеміс және көкөніс шаруашылығы ғылыми-зерттеу» ЖШС «Қайнар» өңірлік филиалында жүргізілді. Тәжірибе пияздың Табыс сортында, ашық танап және зертханалық жағдайларда 5 нұсқада (Т1–Т5), 4 қайталанымда қойылды. Зерттеуде тұқымдардың өнгіштігі мен өсу энергиясы, фитосанитарлық көрсеткіші, өсімдіктердің биометриялық параметрлері, өнімділігі мен сапасы бағаланып, нәтижелері One-way ANOVA ($p \leq 0,05$) әдісімен талданды.

Нәтижелер. Алынған нәтижелер пияз тұқымын кешенді биологиялық препараттармен өңдеу олардың өнгіштігін едәуір арттырып, егістердің біркелкі және жаппай көктеп шығуын қамтамасыз еткенін көрсетті. Бұл өз кезегінде абиотикалық және биотикалық күйзелістерге төзімді, жасыл биомассасы мықты дамыған өсімдіктердің қалыптасуына ықпал етті. Вегетативті және генеративті мүшелердің қарқынды дамуы арқылы пияз дақылының өнімділігі артып, пиязшықтардың биохимиялық көрсеткіштері жақсарды. Сонымен қатар, егістердің фитосанитарлық жағдайы жақсарып, химиялық және пестицидтік жүктеме 1,5–2 есеге төмендеді.

Қорытынды. Пияз өндірісінде тұқымның егістік көрсеткіштері шешуші рөл атқарады, өйткені олар болашақ өнімділіктің негізгі факторларының бірі болып табылады. Зерттеу нәтижелері бұрын соңды жүргізілмеген, жаңа болып табылады және пияз тұқымдарын биопрайминг әдісімен өңдеу арқылы олардың өнгіштігін жақсартып, өнімділігін арттыруға болатындығын дәлелдейді.

Кілт сөздер: пияз; биопрайминг; саңырауқұлақ аурулары; морфологиялық сипаттамалар; өнімділік; сапа көрсеткіштері.

Кіріспе

Allium тұқымдасына 800 астам түр кіріп, азықтық және емдік мақсаттарда кеңінен қолданылады [1]. ФАО мәліметтері бойынша, пияз дақылы 140 жуық мемлекеттерде өсіріліп, ең ірі өндірушілері қатарына Қытай, Үндістан, АҚШ, Түркия, Ресей және Бразилия мемлекеттері кіреді. Ең жоғары өнімділігі Оңтүстік Корея (73,2 т/га) елінде тіркелген [2]. Қазақстан Республикасында пияз дақылының өнімділігі өндірілетін өңір жағдайы мен қолданылатын агротехнология түрлеріне қарай кең диапазон аралығында өзгермелі болып келеді. Мәселен, Жамбыл облысында дақылдың орташа өнімділігі шамамен 45–53 т/га аралығында, ал алдыңғы қатарлы шаруа қожалықтарында 70 т/га жетеді.

Пияз өнімділігін жоғары деңгейде қалыптастыру мақсатында жоғары сапалы тұқымдық материалды қолдану аса маңызды. Ғылыми деректерге сәйкес, пияз тұқымы үшін өніп-өсу көрсеткіші 70% төмен болмауы тиіс [3]. Өкінішке орай, пияз тұқымдары шектеулі сақтау мерзімдерімен мінезделеді. Тұқымдарының қабығы жұқа, тыныштық кезеңі болмайды және 2–3 жыл ішінде өнгіштігін айтарлықтай жоғалтады [4]. Пияз тұқымдарының тіршілік ету кезеңі мен сақтау мерзімдерінің шектеулі болуы, өнгіштіктің төмендеуіне алып келіп, өміршендігін қысқартады. Тұрақты, әрі біртекті өнгіштік беретін пияз тұқымдарына деген нарықтық сұраныс өте жоғары. Себебі, өнгіштігі төмен пияз тұқымдарын қолдану, көктеу үрдістерінің баяулауына, біркелкі емес, сиретілген егістердің қалыптасуына ықпал етеді.

Пияз тұқымдары пішіні бойынша майда келеді және өніп-өсуі нашар жүреді. Сондай-ақ, пияз тұқымдарының эндоспермінде эфир майларының көп болуына байланысты, тұқымдарының өніп-өсуі топырақ ылғалдылығына аса тәуелді келеді. Оңтайлы жағдайда, пияз тұқымдары 5–12 тәулікте көктеп, ал ауа температурасы төмен және ылғал деңгейі жеткіліксіз болғанда 20–25 тәулікке созылады. Сол себепті, өніп-өсу үрдістерін тездету үшін, пияз тұқымдарын алдын-ала ылғалдандыру қажет [5].

Пияз дақылының тұқымдық әлеуеті сорт ерекшеліктеріне, өсірілетін өңірдің табиғи-климаттық жағдайларына, тұқымдардың аналық өсімдіктерде орналасу реті, оларды жинау және сақтау жағдайларының дұрыс жүргізілуі, сонымен қатар, себу алдындағы дайындық жұмыстарына, яғни, тұқымды себу алдындағы өңдеуге тәуелді. Осыған орай, пияз тұқымының өнгіштік қасиеттерін арттырып, өміршендігін қалыптастыру мақсатында тұқымдарды өңдеу келешекті бағыт ретінде қарастырылуы керек.

Нарықта пияз тұқымдарының өнгіштігін қарқынлатып, өсу энергиясын күшейтетін химиялық және биологиялық препараттардың түрі көп. Көкөніс дақылдарының өніп-өсуі және өнім қалыптастыруы кезеңдерінде абиотикалық жағдайларға аса тәуелді және сезімтал келетіндігін ескерсек, пияз тұқымдарының өнгіштігін жақсарту үшін, биологиялық үдеткіштерді пайдаланудың қажеттілігі артуда [6, 7]. Сол себепті, ауыл шаруашылығы жүйесін биологияландыру және қарқындату мақсатында, биологиялық препараттарды қолданудың практикалық тиімділігі де жоғары.

Прайминг, тұқымдардың, соның ішінде пияздың өміршендігін ұзартып, көктеу үрдістерін қарқындататын аса тиімді іс-шара ретінде қарастырылады. Алғаш рет пияз тұқымдарын праймингтеу 1977 жылы жүргізілген. Содан бері, пияз праймингі едәуір жетілдіріліп, тұқымдық материалдың сапалық қасиеттерін арттыратын аса тиімді коммерциялық әдіс ретінде танылды [8].

Бүгінде тұқымдарды өңдеу бойынша гидропрайминг, осмопрайминг, қатты матрицалық прайминг, биопрайминг, нутрипрайминг, гормональды прайминг, нанопрайминг және т.б. қарастырылған. Шетелдік зерттеулерге шолу жасау, праймингтің түрлеріне байланысты пияз тұқымдарын өңдеу арқылы өнгіштігін арттыру бойынша нақты нәтижелер алынғаны белгіленді. Мәселен, тұқымдарды 0,4% гидроперит және сутек асқын тотығымен өңдегенде, 4,5–4,9 т/га қосымша өнім алынып, фенологиялық даму кезінде өсімдіктердің бір даму сатысынан екіншісіне 5–7 тәулікке ертерек өткені белгіленді [9]. Сонымен қатар, пиязшықтарда құрғақ заттар, аскорбин қышқылы және жалпы қанттар артқан, яғни биохимиялық құрамының жақсарғаны анықталды. Осмопрайминг әдісін қолданған тұқымдарда, өнгіштік 30-50% артқан [10]. Басқа зерттеулерде [11] гидропрайминг үшін гибберелин қышқылын қолданғанда, тұқымдардың тыныштық күйінен тез шығып, өсу үрдістерінің қарқындағаны және өскіндердің антиоксидантты қорғау қасиеттері

мен пролинин артуына байланысты қоршаған ортаның қолайсыз жағдайларына төзімдірек болғаны белгіленген. Гормональды және биопраймингті бірлесіп қолданғанда, пияз өміршеңдігін бір жылға ұзартуға болатындығы дәлелденген.

Тұқымдардың топырақтағы өніп-өсуі ылғалды сіңіруден басталады. Содан кейін ішкі физиологиялық үрдістер оянып, алғашқы тамырдың түзілуі жүреді [12]. Осы сәтте негізгі өсу үрдістерінің қарқынды жүруіне ішкі және сыртқы факторлар әсер етеді [13].

Абиотикалық стресс кезінде тұқымдардың өнуі мен қалыпты өскіндер қалыптастыруы қиындай түсетіні белгілі, сол себепті, себу алдындағы өңдеу жұмыстары қоршаған ортаның келеңсіз жағдайларына төзімділікті арттыратын маңызды құрал ретінде қарастырылуы тиіс. Зерттеулер түрлі биологиялық ерітінділерде өсірілген тұқымдардың вегетациялық кезеңде стресстік факторларға төзімдірек болатынын көрсеткен [14].

Заманауи зерттеулер келешек өнімнің сапалық көрсеткіштерін арттыру мақсатында агротехникалық іс-шараларды биологиялық бағытқа бұруға бағытталған. Осы орайда негізгі фактордың бірі ретінде тұқымдық материалдың сапалық көрсеткіштері қарастырылуы тиіс. Оның аса тиімді және қолжетімді жолы – биопропрайминг. Бүгінде тұқымға экзогенді әсер ететін және органикалық қауымдастықпен қолдануға рұқсат етілген препараттар жеткілікті, тек ғылыми сүйемелдеу қажет. Пияз дақылдың экологиялық өндірісі тұқымдық материалдардың патогенді нысандармен залалдануымен шектелуде. Себебі, көптеген патогендер, соның ішінде, әсіресе саңырауқұлақ аурулары тұқым арқылы таралып, өсімдіктердің біртекті өсуіне кері әсер етеді, ал қарқынды вегетациялық даму кезеңінде өсімдіктердің дамуын нашарлатады. Сонымен қатар, пияз өнімдері ұзақ мерзімге (5–7 ай) қоймаларда сақталады. Сол себепті, келешек өнімнің сақталғыштығын арттыру мақсатында, тек сауықтырылған тұқымды қолданған маңызды. Кейбір деректер бойынша, сақтау кезіндегі патогендердің таралуы салдарынан қоймадағы көкөніс дақылдары өнімділігінің 25–40%-дан 85% дейін жоғалтуға болады [15].

Бүгінде елімізде пияз дақылдың өндірісі бойынша көрсеткіштер орташа деңгейде, алайда, ауқымды жер аумақтары мен қолайлы қоршаған орта жағдайлары, агротехникалық іс-шараларды жетілдіріп, биологиялық бағытқа бұру арқылы, соның ішінде, тұқымдық материалдың потенциалын арттыру дақылды үлкен көлемде өндіріп, жоғары өнім алуға мүмкіндіктер береді. Бұл, өз кезегінде, аталмыш бағытта зерттеулер жүргізу үшін негіз болды.

Қазақстан Республикасында пияз тұқымының сапалық көрсеткіштерін арттыруда биопраймингті қолдану бұрын соңды зерттелмеген, аса өзекті, тәжірибелік құндылығы жоғары іс-шара болып табылады. Сондай-ақ, зерттеу барысында пияз тұқымдарын өңдеу үшін құрамы экологиялық таза, тек биологиялық компоненттерден тұратын кешенді ерітінділер зерттеліп, олардың тиімділігі анықталды.

Материалдар мен әдістер

Ғылыми-зерттеулер Қазақстанның оңтүстік-шығысы Іле Алатауының солтүстік тау бөктерінде (теңіз деңгейінен 1000–1050 м) орналасқан «Қазақ жеміс және көкөніс шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты» ЖШС «Қайнар» аймақтық филиалының «Көкөніс дақылдарын өсіру технологиялары» бөлімінің ғылыми стационарында жүргізілді.

Тәжірибе танабының топырағы күнгірт қарақоңыр, құрылымы бойынша орташа сазды болып берілген. Қара шірінді мөлшері – 2,9-3,0%; жалпы азот – 0,18–0,20%; жалпы фосфор – 0,19-0,20% және K_2O – 350–390 мг/кг. Сіңірілген негіздер жиынтығы – 100 г топыраққа 20–21 мг-экв., рН – 7,3–7,4. Көлемдік массасы – 1,1–1,2 кг/см³.

Климаттық жағдайы – күртконтинентальді. Шілде айының орташа ауа температурасы 22–24 °С-ты, қаңтар айында – 6–10 °С аязды құрайды. Оң температуралар жиынтығы – 3450–3750 °С, ал белсенді температуралар жиынтығы – 3100–3400 °С. Аязсыз мерзімдер ұзақтығы – 140–170 тәулік. Жылдық жауын-шашын мөлшері – 350–600 мм.

Зерттеуде пияздың аудандастырылған Табыс сорты қолданылды. Тұқымдар ашық танапқа сәуір айының ІІІ онкүндігінде себілді. Тәжірибелер 4 қайталанымда қойылып, бір қайталаным бойынша аумағы 100 м² құрады. Тұқым себу сұлбасы – 70 см, 3 қатарлы. Тұқым себу нормасы – 6,0 кг/га. Пияз егістеріне минералды тыңайтқыштар N110P75K90 нормасымен берілді.

Вегетациялық кезеңде пияз егістері 8 рет суарылды (450–500 м³/га). Сонымен қатар, егістік алқаптарында күтіп-баптау жұмыстары жүргізілді.

Егістік және зертханалық тәжірибелер 5 зерттеу нұсқаларынан (Т1–Т5) тұрды: Бақылау – өңдеусіз (Т1); Фитолаза, 1,0 мл/л + Фитоспорин, 2,0 г/л, ферменттер, элиситорлар және микробиологиялық бактерицидтер негізінде, 60 мин. (Т2); Скудо, 1,5 мл/л, суда еритін мыс қоспалары негізінде, 30 мин (Т3), Кальций гуматы, 0,5% (5,0 мл/л) + Фитолавин, 2,0 мл/л, фитогормондар мен органикалық қосындылар және табиғи антибиотик негізінде, 60 мин (Т4); Биосок Энерджи+, 10 мл/л + Копперт, 5,0 г/л, құрткомпосттары, пайдалы микроорганизмдер және мыс негізінде, 45 мин (Т5).

Тәжірибе егістерінде фенологиялық және биометриялық бақылаулар пияз дақылының келесі даму сатылары бойынша жүргізілді: өскіндердің пайда болуы (10%) (ВВСН 11–16, жаппай өніп шығуы (75% жоғары) (ВВСН 20–27), жапырақ-сабақтарының қарқынды өсуі (ВВСН 28–50), пиязшықтардың қалыптаса бастауынан пісіп-жетілуіне дейін (ВВСН 50–121), техникалық пісіп-жетілуі (ВВСН 122–132) [16].

Морфологиялық талдаулар пияз өсімдіктерінің 2 негізгі сатыларында: (I) жапырақтарының қарқынды өсіп-дамуы және (II) пиязшықтардың қарқынды өсуі кезеңдерінде жүргізілді. Зерттеулерде әр тәжірибе нұсқасынан таңдалған 10 өсімдіктер бақыланды. Әр зерттеу барысында модельді өсімдіктердің жапырақтар саны, олардың ұзындығы және жалпы аумағы есепке алынып, генеративті мүшелері пайда болғанда, пиязшықтарының диаметрі мен орташа массасы есептелді [17, 18].

Дақылдың өнімділігі техникалық пісіп-жетілуі кезеңінде әр тәжірибе нұсқалары бойынша 4 қайталанымда өнімді жинау барысында есепке алу арқылы анықталды. Пиязшықтардың жалпы өнімділігі есептеліп, тонна/гектар бірлігімен (т/га) көрсетілді. Мәліметтер негізінде зерттеу нұсқаларының (Т2–Т5) агрономиялық тиімділігін анықтау үшін, бақылау нұсқасымен (Т1) салыстырғанда алынған қосымша өнім деңгейі анықталды.

Пияз тұқымдарының өсу энергиясы мен өнгіштігін анықтау жұмыстары ГОСТ 12038-84 [19] сәйкес жүргізілді. Ол үшін қалдықтар мен қоқыстардан тазартылған 100 дана тұқымнан 4 үлгі алынды. Тұқымдар фракциясына байланысты 5,0–7,0 мм болатындай арақашықтықта қатарланып, алдын-ала дайындалған ыдыстарға орналастырылды. Зертханалық жұмыстарды жүзеге асыру үшін қолданылған зертханалық құралдар: температура диапазоны 220 °С құрайтын қыздыратын пеш, температура диапазоны 0–40 °С құрайтын, желдеткіші бар термостат, диаметрі 1 мм құрайтын елек, тұқымдарды өсіретін арнайы ыдыстар, ылғалдандыратын құрылғы, үлкейткіш айнек, сиымдылығы 500 мл цилиндр колбалары, сиымдылығы 1000 мл цилиндр колбалары, зертханалық таразы, тамызғыштар, қысқыштар, дәке, дистильденген су. Өңделген тұқымдар температура диапазоны 0 °С-тан 40 °С-қа дейін қыздыратын, желдеткіші бар термостаттарға орналастырылды. Тұқымдардың өніп-өсуі үрдістері тәулік сайын (24 сағат) бақылауға алынып, ылғалдандыру жұмыстары қажеттілікке қарай жүзеге асырылды. Биологиялық препараттардың мөлшері, тұқымдарды бұқтыру уақытының ұзақтығы тәжірибе сұлбасына сәйкес жүзеге асырылды.

Тұқымдарды фитосанитарлық талдау Чапек агарлық ортасына және картоп декстрозды агары қоректік ортасына себу әдісімен жүзеге асырылды. Зиянды патогендердің түркұрамы микроскопиялық әдіспен – $\times 100$ және $\times 400$ көбейту арқылы анықталды. Үлгілер саңырауқұлақ қоздырғыштарының мицелийлері, споралары мен конидияларына зерттелді. Залалданған тұқымдарды анықтау әр қайталанымда ауру белгілері бар өскіндерді есепке алу арқылы анықталды.

Биохимиялық талдаулар келесі әдістер бойынша жүргізілді: құрғақ еритін заттар ГОСТ 28562-90 [20], жалпы қанттылық – ГОСТ 8756.13-87 [21], С дәрумені – ГОСТ 24556-89 [22], нитраттар деңгейі ГОСТ 29270-95 [23].

Алынған зерттеу нәтижелеріне One way (ANOVA) бойынша статистикалық талдау жүргізілді. Шынайы Тьюки критеріі ($p \leq 0,05$). Мәліметтерді өңдеу R 4.2.1 және STATISTICA 10 бағдарламалары бойынша талданды.

Нәтижелер

1-кестеде пияз тұқымдарының өсу энергиясы (7-тәулікте) мен өнгіштігі (14-тәулікте) бойынша екі жылдық (2024–2025 жж.) мәліметтер берілді. Зертханалық сараптама нәтижесі биопраймингтің пияз тұқымдарының егістік сапасын арттыратынын көрсеткен. Алынған нәтижелер бойынша ең тиімді нұсқалар болып Т4 және Т5 табылды. Жалпы барлық зерттеу нұсқалары бойынша бақылаумен салыстырғанда (Т1), тұқымдардың өніп-өсуі энергиясы -7,78–11,67%, ал өнгіштігі – 9,73–12,48% артты. Бұл нұсқалардың тәжірибе дәлдігі: $m = 0,91-0,95\%$, ал ең төменгі елеулі көрсеткіші (ЕЕК, 0,95) – 2,18-2,33% (1-кесте).

1-кесте – Биопраймингтің пияз тұқымдарының өніп-өсуі энергиясы мен өнгіштігі көрсеткіштеріне әсері

Тәжірибе нұсқалары	Зерттеу жылдары	Тұқымдардың өніп-өсуі энергиясы (7-тәулікте)					Тұқымдардың өнгіштігі (14-тәулікте)				
		1	2	3	4	орташа	1	2	3	4	орташа
Т1	2024	77,4	75,8	79,2	77,7	77,52	84,8	79,7	85,5	85,0	83,75
	2025	81,0	76,2	74,5	69,8	75,37	87,3	84,9	82,2	78,5	83,22
	орташа	79,2	76,0	76,8	73,7	76,44	86,0	82,3	83,8	81,7	83,49
Т2	2024	87,6	84,7	82,1	85,3	84,92	95,2	93,5	91,8	93,4	93,47
	2025	83,3	81,9	85,9	82,4	83,37	91,6	90,3	93,6	92,8	92,07
	орташа	85,4	83,3	84,0	83,8	84,14	93,4	91,9	92,7	93,1	92,77
Т3	2024	81,9	84,4	83,0	80,5	82,45	90,6	95,7	94,0	92,3	93,15
	2025	78,6	82,3	84,5	83,9	82,32	85,8	89,8	92,6	92,1	90,07
	орташа	80,2	83,3	83,7	82,2	82,39	88,2	92,7	93,3	92,2	91,61
Т4	2024	84,5	80,6	80,9	86,0	83,00	93,2	90,8	91,4	95,7	92,80
	2025	82,3	86,7	86,2	85,1	85,07	92,9	96,7	95,7	94,9	95,05
	орташа	83,4	83,6	83,5	85,5	84,04	93,0	93,7	93,5	95,3	93,91
Т5	2024	88,1	86,3	84,0	83,7	85,52	95,8	94,3	92,9	90,2	93,30
	2025	86,0	82,9	86,7	85,2	85,20	94,0	92,7	95,6	95,1	94,35
	орташа	87,0	84,6	85,3	84,4	85,36	94,9	93,5	94,2	92,6	93,82
Тәжірибе дәлдігі m%						0,94					0,91
Ең төменгі елеулі көрсеткіш ЕЕК 0,95						2,18					2,33

Біздің зерттеулерімізде бақылау нұсқасында (Т1) сау өскіндердің ең төменгі көрсеткіші (80,55%) тіркеліп, патогендермен залалдану деңгейінің артқаны белгіленді. Биопрайминг қолданылған нұсқалармен (Т2-Т5) салыстырғанда, саңырауқұлақ аулары 2 есе жоғары болып, салдарынан өнбей қалған тұқымдар саны басым болған. Кешенді биологиялық препараттарды қолданған тәжірибелерде, сау өскіндер көрсеткіші бақылаумен салыстырғанда 11,67–14,83%-ға жоғары келіп, ауру белгілерімен өніп шыққан тұқымдар саны азайған (0,68–1,33%). Зерттеу нәтижелері бойынша саңырауқұлақ ауруларынан жойылған өскіндердің ең төмен деңгейі Т4 нұсқасында тіркелді (2-кесте).

2-кесте – Биопраймингтің пияз тұқымдарының фитопатологиялық көрсеткіштеріне әсері

Тәжірибе нұсқалары	Зерттеу жылдары	Барлығы өніп-шыққан, %	Солардың ішінде		Аурудан жойылған өскіндер, %		Өнбей қалған, %
			сау өскіндер, %	ауру белгілерімен өніп шыққандар, %	<i>Peronospora destructor</i>	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cepae</i>	
Т1	2024	83,75	81,4	2,35	2,9	4,0	9,40
	2025	83,22	79,7	3,52	3,1	4,5	9,90
	орташа	83,49	80,55	2,93	3,00	4,25	9,65

2-кестенің жалғасы

T2	2024	93,47	91,0	2,50	1,3	1,8	3,40
	2025	92,07	88,9	2,00	1,9	2,3	4,90
	орташа	92,77	89,95	2,25	1,60	2,05	4,15
T3	2024	93,15	92,1	1,00	1,1	2,1	3,7
	2025	90,07	88,4	1,67	2,3	1,9	5,8
	орташа	91,61	90,25	1,33	1,70	2,00	4,75
T4	2024	92,80	91,7	1,10	1,3	2,0	3,9
	2025	95,05	93,3	1,75	1,5	1,1	2,4
	орташа	93,91	92,50	1,42	1,40	1,55	3,15
T5	2024	93,30	92,1	1,20	1,1	2,4	3,2
	2025	94,35	91,8	2,55	1,3	1,8	2,6
	орташа	93,82	91,95	1,87	1,20	2,10	2,90

Биопраймингтің пияз өсімдіктерінің өсуі мен дамуына статистикалық тұрғыдан сенімді ($p \leq 0,05$) оң әсер ететіні анықталды. Биометриялық көрсеткіштерді бағалау барысында барлық тәжірибе нұсқалары (T2–T5) бақылаумен (T1) салыстырғанда айтарлықтай жоғары мәндер көрсетті.

Атап айтқанда, T2 нұсқасында жапырақ-сабақтарының орташа ұзындығы 51,62 см дейін артып, бақылаумен салыстырғанда 17,0% жоғары болды. Жапырақ саны 8,87 данаға (+29,1%), пиязшық диаметрі 7,42 см (+17,8%), орташа массасы 132,50 г (+28,3%) және жапырақ бетінің ауданы 702,87 см² (+31,1%) дейін ұлғайды. Бұл көрсеткіштердің өзгерісі тәжірибелік қателік шегінен ($\pm m$) жоғары болып, олардың статистикалық мәнділігін растайды.

Оң динамика T3 нұсқасынан да байқалды: жапырақ ұзындығы 48,50 см (+9,9%), орташа масса 116,37 г (+12,7%), жапырақ бетінің ауданы 644,75 см² (+20,2%) құрады.

Ең жоғары нәтижелер T4 нұсқасында тіркелді. Бұл нұсқада жапырақ-сабақтарының орташа ұзындығы 54,85 см дейін жетіп (+24,3%), жапырақ саны 9,37 данаға (+36,4%), пиязшық диаметрі 7,98 см (+26,7%), орташа массасы 138,12 г (+33,8%) және жапырақ бетінің ауданы 747,0 см² (+39,3%) дейін артты. Көрсеткіштердің вариациясы төмен ($\pm m$ аз мәнде) болып, нәтижелердің тұрақтылығы мен сенімділігін дәлелдеді.

T5 нұсқасы да жоғары тиімділік көрсетіп, көптеген параметрлер бойынша T4 нұсқасына жақын нәтижелер берді: жапырақ ұзындығы 53,75 см (+21,8%), орташа масса 133,37 г (+29,2%), жапырақ бетінің ауданы 719,50 см² (+34,1%).

Бақылау нұсқасында (T1) ең төмен көрсеткіштер қалыптасып, жапырақ ұзындығы 44,12 см, жапырақ саны 6,87 дана, пиязшық диаметрі 6,30 см, орташа массасы 103,25 г және жапырақ бетінің ауданы 536,25 см² болды.

Екі жылдық нәтижелерді салыстырмалы талдау тәжірибе нұсқалары арасында барлық көрсеткіштер бойынша айқын және статистикалық сенімді айырмашылықтардың бар екенін көрсетті. Жылдар бойынша салыстыру нәтижесінде 2025 жылы T4 және T5 нұсқаларында көрсеткіштердің жоғарылауы байқалды (3-кесте).

3-кесте – Биопраймингтің пияз өсімдіктерінің биометриялық көрсеткіштеріне әсері

Тәжірибе нұсқалары	Зерттеу жылдары	Жапырақ-сабақтарының орташа ұзындығы, см	Жапырақ-тардың жалпы саны, дана	Пияз-шықтар диаметрі, см	Пияз-шықтардың орташа массасы, грамм	Жапырақ-тардың жалпы аумағы, см ²
T1	2024	45,5 ± 3,20	7,0 ± 0,82	6,40 ± 0,37	104,75 ± 12,55	559,0 ± 72,0
	2025	42,75 ± 1,89	6,75 ± 0,25	6,20 ± 0,19	101,75 ± 7,61	513,5 ± 35,9
	орташа	44,12	6,87	6,30	103,25	536,25

3-кестенің жалғасы

T2	2024	53,0 ± 2,35	9,0 ± 0,41	7,45 ± 0,26	135,5 ± 5,40	715,75 ± 32,65
	2025	50,25 ± 1,32	8,75 ± 0,25	7,40 ± 0,17	129,5 ± 6,65	690,0 ± 19,90
	орташа	51,62	8,87	7,42	132,50	702,87
T3	2024	49,25 ± 1,32	8,0 ± 0,41	7,12 ± 0,17	121,50 ± 6,35	661,0 ± 19,70
	2025	47,75 ± 1,93	7,5 ± 0,65	6,92 ± 0,15	111,25 ± 4,05	628,5 ± 31,75
	орташа	48,50	7,75	7,02	116,37	644,75
T4	2024	53,5 ± 1,33	9,25 ± 0,48	7,92 ± 0,17	135,25 ± 8,10	726,0 ± 24,25
	2025	56,20 ± 1,94	9,50 ± 0,65	8,05 ± 0,23	141,00 ± 7,32	768,0 ± 37,9
	орташа	54,85	9,37	7,98	138,12	747,0
T5	2024	52,5 ± 1,56	9,0 ± 0,41	7,77 ± 0,25	132,25 ± 5,70	704,25 ± 26,60
	2025	55,0 ± 2,17	9,0 ± 0,58	8,02 ± 0,30	134,50 ± 9,40	734,75 ± 18,2
	орташа	53,75	9,00	7,89	133,37	719,50
ANOVA results, W:		0,99	0,98	0,99	0,99	0,99
p-value:		<0,001	0,004	<0,001	<0,001	<0,001

Биопраймингтің пияз өсімдіктерінің фенологиялық кезеңдеріне әсерін зерттеу барысында тәжірибе нұсқаларындағы (T2-T5) өсімдіктер көрсеткішінің бақылаумен (T1) салыстырғанда едәуір жоғары болғаны анықталды. T4 нұсқасында өсімдіктердің көктеп шығуы орташа есеппен 11,5 тәулікке жетіп, бақылаумен салыстырғанда 30,3% жылдамдаған. Сонымен қатар, жаппай көктеп шығудан техникалық пісіп-жетілуге дейінгі кезең 7 тәулікке қысқарған. Жалпы бақылаулар бойынша фенологиялық кезеңдердің ұзақтығын 4,92–7,58% қысқартатыны анықталды.

Фитосанитарлық мониторинг нәтижелері биопрайминг қолданылған нұсқаларда саңырауқұлақ ауруларының таралуы деңгейі төмен болғанын көрсетті. Бақылаумен (T1) салыстырғанда, жалған ақ ұнтақ 71,87–87,50%, ал фузариоз 72,00–84,00% төмендегені тіркелді (4-кесте).

4-кесте – Биопраймингтің пияз дақылының фенологиялық көрсеткіштеріне және фитосанитарлық жағдайына әсері

Тәжірибе нұсқалары	Зерттеу жылдары	Көктеп шығуы, тәулік саны		Тұқымды себуден техникалық пісіп-жетілуге дейінгі тәулік саны	Саңырауқұлақ аурулары			
		10%	75%		жалған ақ ұнтақ	ауру деңгейінің төмендеуі, %	фузариоз	ауру деңгейінің төмендеуі, %
T1	2024	16	26	130	18		13	
	2025	17	28	134	14		12	
	орташа	16,5	27,0	132,0	16,0	-	12,5	-
T2	2024	13	21	124	3		3	
	2025	15	24	127	6		3	
	орташа	14,0	22,5	125,5	4,5	71,87	3,0	76,00
T3	2024	15	25	130	4		2	
	2025	13	24	126	3		2	
	орташа	14,0	24,5	128,0	3,5	78,12	2,0	84,00
T4	2024	12	21	123	3		4	
	2025	11	19	121	1		2	
	орташа	11,5	20,0	122,0	2,0	87,50	3,0	76,00

4-кестенің жалғасы

T5	2024	12	20	122	3		2	
	2025	14	23	125	5		5	
		13,0	21,5	123,5	4,0	75,00	3,5	72,00

Жүргізілген зерттеулер барысында биопраймингтің пияз дақылының өнімділігіне әсері бағаланып, салыстырмалы талдау нәтижесі биологиялық кешенді препараттар қолданылған нұсқаларда (T2–T5) өнімділіктің бақылаумен (T1) салыстырғанда едәуір артқанын көрсетті. Бақылаудағы орташа өнімділік 38,46 т/га болса, өңделген нұсқаларда 46,92–47,89 т/га дейін өскен. Ең жоғары өнімділік T4 нұсқасында тіркеліп, бақылауға қосымша 9,43 т/га немесе 24,5% өнім алынды. Тәжірибе нәтижелерін дисперсиялық талдау (ANOVA), зерттеу нұсқалары арасындағы айырмашылықтардың статистикалық маңызды екенін ($p\text{-value} < 0,001$) дәлелдейді. W критеріі – 0,99 болып, тәжірибелік мәліметтердің жоғары келісімділігін көрсетсе, эксперименттік қате деңгейінің төмендігі ($m = 1,14\%$) нәтижелердің дәлдігін растайды (5-кесте).

Зертханалық жағдайда жүргізілген биохимиялық талдау нәтижелері бойынша пиязшықтардың ең жоғары биохимиялық көрсеткіштері T5 нұсқасында тіркелді: құрғақ заттар – 13,5%, жалпы қанттылық – 8,75%, C дәрумені – 11,05 мг%.

Сонымен қатар, барлық өңделген нұсқалар бойынша пияз жемістерінде құрғақ заттардың (13,15–13,50%), жалпы қанттың (8,45–8,75%) және C дәруменінің (10,55–11,05 мг%) жоғары деңгейде қалыптасқаны анықталды. Нитраттар мөлшері 49–78 мг/кг аралығында болып, рұқсат етілген шекті деңгейден аспаған, яғни өнім экологиялық тұрғыдан қауіпсіз екенін растайды (5-кесте).

5-кесте – Биопраймингтің пияз дақылының өнімділігі мен сапа көрсеткіштеріне әсері

Тәжірибе нұсқалары	Зерттеу жылдары	Жалпы өнімділік, т/га	Бақылауға қосымша өнім		Құрғақ заттар, %	Жалпы қанттылық, %	C дәрумені, мг %	Нитрат мөлшері, мг/кг
			т/га	%				
T1	I	38,72	-	-	13,3	8,7	11,7	66
	II	38,20	-	-	12,7	8,1	9,4	58
	орташа	38,46	-	-	13,0	8,4	10,55	62,0
T2	I	47,35	8,63	22,29	14,0	8,8	11,5	70
	II	46,50	8,30	21,73	12,3	8,4	10,2	63
	орташа	46,92	8,46	22,00	13,15	8,6	10,85	66,5
T3	I	43,95	5,23	13,51	13,1	8,6	10,9	49
	II	41,55	3,35	8,77	12,9	8,3	10,2	61
	орташа	42,75	4,29	11,15	13,00	8,45	10,55	55,0
T4	I	47,52	8,8	22,73	13,3	8,5	10,4	72
	II	48,25	10,05	26,31	13,5	8,8	11,5	78
	орташа	47,89	9,43	24,52	13,40	8,65	10,95	75,0
T5	I	47,02	8,3	21,44	14,1	9,1	12,0	64
	II	47,30	9,1	23,82	12,9	8,4	10,1	67
	орташа	47,16	8,70	22,62	13,50	8,75	11,05	65,5
Тәжірибе дәлдігі m%: 1,14 Ең төменгі елеулі көрсеткіш ЕЕК 0,95: 1,58								

Талқылау

Тұқымдардың өніп-өсуі, тыныштық фазасынан белсенді тіршілік әрекетіне ауысатын, өсімдіктер онтогенезінің бастапқы сатысы болып табылады. Тұқымдардың өңгіштігі – көктеп шыққан өскіндер санының себілген тұқымдар санына шаққандағы пайыздық қатынасы және тұқымдық материалдың егістік сапасын анықтайтын негізгі көрсеткіш. Келешек өнім деңгейі тұқым сапасына, яғни оның құрамындағы қоректік заттар қоры, өсу энергиясы

және фитосанитариялық тазалығы сияқты негізгі көрсеткіштерге байланысты. Осыған орай, өсімдіктердің сапасы мен өнімділікті көтеру мақсатында тұқымды себуге дайындау – негізгі агротехникалық іс-шаралар ретінде қарастырылуы керек.

Біздің ғылыми нәтижелеріміз басқа авторлардың зерттеулерімен үйлеседі. Ол зерттеулерде, пияз тұқымдарын өңдемей екенде, өнімділік 20,8 т/га құраса, алдын-ала биологиялық препараттарда бұқтырылған тұқымдардан өсірілген пияз өнімділігі 24,2-25,7 т/га жеткені көрсетілген [24]. Бұл нәтижелер биопраймингтің тұқымдардың физиологиялық белсенділігін арттырып, олардың өніп-өсу көрсеткіштерін жақсартатынын және болашақ өнім деңгейіне оң әсер ететінін дәлелдейді.

Peronospora destructor және *Fusarium oxysporum f. sp. Cepae* аурулары пияз дақылында кеңінен тарап, аса үлкен зиян келтіретін саңырауқұлақ ауруларына жатады. Бұл патогендердің таралуының бірнеше жолдары бар, соның ішінде, тұқым арқылы да таралып, зиянды әсері вегетациялық кезеңде және өнімді сақтау кезінде белгі береді. Фузариоз пиязшықтардың түптері мен тамыр жүйесін зақымдаса, пероноспороз, жапырақтарын зақымдап, фотосинтез үрдісін нашарлатады. *Fusarium oxysporum f. sp. Cepae* таралуы пияздың тамыршірігін коздырып, өнімділігін 50% төмендетеді [25]. Кейбер зерттеу нәтижелері пияз тұқымдарын себу алдында *Trichoderma asperellum* негізіндегі препараттармен өңдеу, сақтау кезіндегі саңырауқұлақ ауруларының таралуын 51,55% төмендеткенін көрсеткен [26]. Осы тұрғыда зерттеу нәтижелері биопраймингтің пияз тұқымдарының фитосанитарлық жағдайын жақсартып, патогендердің дамуын тежеу арқылы, сау өскіндердің үлесін арттыратынын дәлелдейді.

Көкөніс дақылдарының тұқымдарын себу алдында арнайы ерітінділерде өңдеу, тамыршалардың шығуын 35–65% дейін арттырып, өніп-өсу энергиясын күшейтетіні дәлелденген [27]. Сонымен қатар, өскіндердің тез және біркелкі дамуы, кейінгі кезеңдерде өсімдіктердің морфогенезіне және биометриялық көрсеткіштеріне тікелей оң әсерін тигізеді.

Біздермен зерттеу барысында алынған нәтижелер биопраймингтің пияз өсімдіктерінің ассимиляциялық аппаратының қарқынды дамуын қамтамасыз етіп, фотосинтетикалық белсенділіктің артуына ықпал ететінін көрсетеді. Әсіресе Т4 және Т5 нұсқаларында көрсеткіштердің жоғары болуы қолданылған биопрепараттардың тиімділігін және олардың кешенді әсерін растайды. Сонымен қатар, бақылау нұсқасындағы төмен көрсеткіштер тұқымдарды алдын-ала өңдеудің маңыздылығын көрсетіп, олардың егістік сапасының төмен болуы өсімдіктердің өсу қарқынына теріс әсер ететінін айқындайды. Жылдар бойынша нәтижелердің айырмашылығы биопрепараттардың кумулятивтік әсерімен немесе сыртқы орта жағдайларымен байланысты болуы мүмкін. Жалпы алғанда, биопрайминг пияз өсімдіктерінің өсуі мен дамуын жақсартып, олардың биометриялық көрсеткіштерін арттырудың тиімді агротехникалық тәсілі болып табылады.

Егістік бақылаулар, тұқымды биологиялық препараттар кешенімен өңдеу, өсімдіктердің даму қарқынына әсер етіп, өсімдіктердің бір фенологиялық кезеңінен екіншісіне өтуін жылдамдатынын көрсеткен. Бұл өсімдіктердің физиологиялық белсенділігінің артуымен және өсу үрдістерінің қарқындауымен түсіндірілуі мүмкін. Сонымен қатар, фитосанитарлық көрсеткіштердің жақсаруы биопрепараттардың фитопатогендерге қарсы әсерімен байланысты, нәтижесінде аурулардың таралу деңгейі төмендеп, өсімдіктердің жалпы төзімділігі артады.

Өнімділік – агротехнологиялық іс-шаралардың тиімділігін дәлелдейтін негізгі көрсеткіш. Тұқымдық материал сапасының жоғары болуы келешек өнімнің сапасы мен өнімділік деңгейіне айтарлықтай әсер етіп, нашар болған жағдайда, 25–30% төмендетеді. Ал тұқымды себу алдында кешенді дәрілеу, абиотикалық және биотикалық факторларға қарсы төзімділікті арттырып, өсімдіктердің дамуының қарқындылығын жақсартады және өнім деңгейі мен сапалық көрсеткіштеріне оң әсерін тигізеді. Осы нәтижелер биопраймингтің өсімдіктердің бастапқы даму кезеңдерін жақсартып, кейінгі кезеңдерде жоғары өнім қалыптастыруға негіз болатынын көрсетеді. Әсіресе Т4 нұсқасында белгіленген жоғары өнімділік көрсеткіші биопраймингтің тиімділігін дәлелдейді.

Биохимиялық талдау нәтижелері биопрепараттар кешенінің әсерінен өсімдіктердегі метаболизмдік үрдістердің белсенді болуына байланысты, фотосинтез қарқындылығының артуы және көмірсулардың тасымалдануының жақсаруы салдарынан, құрғақ заттар, қанттар

мен аскорбин қышқылының жинақталуына оң ықпал етіп, өнімнің тағамдық құндылығының жоғарылағанын көрсетеді.

Қорытынды

Екі жылдық (2024–2025 гг.) зерттеу нәтижелері бойынша пияз тұқымдарын кешенді биологиялық үдеткіштермен өндеудің тиімділігі анықталды. Пияз тұқымдарын биологиялық ерітінділерде (T2-T5) бұқтыру, бақылаумен (T1) салыстырғанда, өніп-өсу энергиясын 7,78-11,67%, ал өнгіштігін – 9,73-12,48% арттырды. Микроскопиялық талдаулар саңырауқұлақ патогендерінің кері әсерінен залалданған және жойылған өскіндер санының азайғанын көрсетті. Биопрайминг қолданылған нұсқаларда сау тұқымдар үлесі бақылаудан (T1) 11,67-14,83% жоғары келді.

Биологиялық өндеулердің аса айқын әсері пияз өсімдіктерінің генеративті мүшелерінің қалыптасуы мен дамуы кезеңдерінде байқалып, тәжірибе нұсқаларына қарай фенологиялық даму үрдістерінің 7–10 тәулікке жылдамдауымен және мықты жапырақ аппараты мен өнім мүшелерінің қарқынды дамуымен сипатталды.

Пиязшықтардың ең жоғары өнімділігі T4 (бақылаумен салыстырғанда – +24,52%) және T5 (+22,62%) нұсқаларында алынды. Сонымен қатар, пиязшықтардың биохимиялық құрамы жақсарып, құрғақ зат, жалпы қант, каротин және С дәрумені мөлшері артып, нитраттар деңгейі қалыпты болғаны белгіленді.

Алынған нәтижелер зерттелген биологиялық препараттар кешенінің Қазақстанның оңтүстік-шығысы тау бөктері аймағында пияз тұқымдарының егістік көрсеткіштерін арттыруда, өнімділікті жоғарылатуда және пиязшықтардың сапасын жақсартуда жоғары тиімділігін көрсеткенін және әртүрлі агроклиматтық жағдайларда әрі қарай зерттеулер жүргізудің маңыздылығын айқындайды. Қолданылған препараттардың биологиялық шығу тегін ескерсек, аталған препараттарды дәстүрлі егіншілікте де және органикалық пияз өндірісінде де кеңінен қолдану үшін ұсынуға болады.

Авторлардың қосқан үлесі

АТ, ТЕ, ЛА, ГМ: зерттеу бағыттары бойынша әдебиеттерге шолу жасады, ғылыми нәтижелерді алуға, жинақтауға және өндеуге қатысты, зертханалық және егістік тәжірибелер жүргізіп, нәтижелерін тұжырымдады, математикалық өңдеу жасады, жинақталған деректер бойынша қолжазбаны дайындап, мақаланы рәсімдеуге үлестерін қосты.

АТ: қолжазбаның соңғы редакциясын рәсімдеп, тексерді. Барлық авторлар қолжазбаның соңғы редакциясын оқып, қарап шығып, басылымға жіберуге мақұлдады.

Қаржыландыру туралы ақпарат

Ғылыми-зерттеу жұмыстары Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы министрлігінің 2024-2026 жылдарға арналған BR22885418 «Қазақстан Республикасында ауыл шаруашылығы өнімінің органикалық өндірісінің технологиялық дамуын ғылыми қамтамасыз ету» бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру аясында жүзеге асырылды.

Әдебиеттер тізімі

1 Fu, J., Zhang, H., Guo, F. (2019). Identification and characterization of abundant repetitive sequences in *Allium cepa*. *Sci. Rep.*, 9, 16756. DOI:10.1038/s41598-019-52995-9.

2 Pagano, A., Macovei, A., Xia, X., Padula, G., Hołubowicz, R., Balestrazzi, A. (2023). Seed Priming Applied to Onion-Like Crops: State of the Art and Open Questions. *Agronomy*, 13(2), 288. DOI:10.3390/agronomy13020288.

3 Янченко, А.В., Бухаров, А.Ф., Федосов, А.Ю., Иванова, М.И., Меньших, А.М., Белова, С.В. (2024). Современное состояние и открытые вопросы праймирования семян лука репчатого. *Овощи России*, 5, 31-37. DOI:10.18619/2072-9146-2024-5-31-37.

4 Padula, G., Xia, X.Z., Hołubowicz, R. (2022). Welsh onion (*Allium fistulosum* L.) seed physiology, breeding, production and trade. *Plants*, 11, 343. DOI:10.3390/plants11030343.

- 5 Айтбаева, А.Т., Айтбаев, Т.Е., Бөрібаева, Л.Ә., Манабаева, Ұ.А. (2024). Биологиялық препараттардың көкөніс дақылдарының тұқымдарының өсу энергиясына және өнгіштігіне әсері. *Топырақтану және агрохимия*, 4, 72-73. DOI: 10.51886/1999-740X_2024_4_72.
- 6 Karim, M.N., Sani, M.N.H., Uddain, J., Azad, M.O.K., Kabir, M.S., Rahman, M.S., Choi, K.Y., Naznin, M.T. (2020). Stimulatory Effect of Seed Priming as Pretreatment Factors on Germination and Yield Performance of Yard Long Bean (*Vigna unguiculata*). *Horticulturae*, 6(4), 104. DOI:10.3390/horticulturae6040104.
- 7 Sorrentino, M., De Diego, N., Ugena, L., Spíchal, L., Lucini, L., Miras-Moreno, B., Zhang, L., Rouphael, Y., Colla, G., Panzarová, K. (2021). Seed Priming With Protein Hydrolysates Improves Arabidopsis Growth and Stress Tolerance to Abiotic Stresses. *Front. Plant Sci.*, 12, 626301. DOI: 10.3389/fpls.2021.626301.
- 8 Paul, S., Dey, S., Kundu, R. (2022). Seed priming: An emerging tool towards sustainable agriculture. *Plant Growth Regul.*, 97, 215-234. DOI:10.1007/s10725-021-00761-1.
- 9 Козлов, И.И., Кунавин, Г.А. (2011). Применение биологически активных веществ при выращивании лука репчатого. *Аграрный вестник Урала*, 3(82), 69-70.
- 10 Янченко, А.В., Бухаров, А.Ф., Федосов, А.Ю. (2023). Прайминг-инновационное развитие методологии подготовки семян к посеву (обзор). *Овощи России*, 5, 28-36. DOI:10.18619/2072-9146-2023-05-28-36.
- 11 El-Badri, A.M.A., Batool, M., Mohamed, I.A.A., Khatab, A., Sherif, A., Wang, Z.K., Salah, A., Nishawy, E., Ayaad, M., Kuai, J. (2021). Modulation of salinity impact on early seedling stage via nano-priming application of zinc oxide on rape seed (*Brassica napus L.*). *Plant Physiol. Biochem.*, 166, 376-392. DOI: 10.1016/j.plaphy.2021.05.040.
- 12 Tuan, P.A., Sun, M., Nguyen, T.N., Park, S., Ayele, B.T. (2019). *Molecular mechanisms of seed germination*. In: Sprouted Grains. AACC International, 1-24. DOI:10.1016/B978-0-12-811525-1.00001-4.
- 13 Makhaye, G., Aremu, A.O., Gerrano, A.S., Tesfay, S., Du, Plooy, C.P., Amoo, S.O. (2021). Biopriming with seaweed extract and microbial-based commercial biostimulants influences seed germination of five *Abelmoschus esculentus* genotypes. *Plants*, 10(7), 1327. DOI:10.3390/plants10071327.
- 14 Jatana, B.S., Grover, S., Ram, H., Baath, G.S. (2024). Seed priming: molecular and physiological mechanisms underlying biotic and abiotic stress tolerance. *Agronomy*, 14(12), 2901. DOI:10.3390/agronomy14122901.
- 15 Poberezhny, J., Szczepanek, M., Wszelaczyńska, E., Prus, P. (2020). The quality of carrot after field biostimulant application and after storage. *Sustainability*, 12(4), 1386. DOI:10.3390/su12041386.
- 16 Meier, U. (2018). *Growth stages of mono- and dicotyledonous plants*. BBCH Monograph. Julius KühnInstitut, Federal Research Centre for Cultivated Plants, Quedlinburg, Germany.
- 17 Доспехов, Б.А. (1980). *Методика полевого опыта*. Москва: Колос, 169-184.
- 18 Литвинов, С.С. (2011). *Методика полевого опыта в овощеводстве*. Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства РАСХН, 648.
- 19 Межгосударственный стандарт ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. (2010). Москва: Стандартинформ.
- 20 Межгосударственный стандарт ГОСТ 28562-90. Продукты переработки плодов и овощей. Рефрактометрический метод определения содержания растворимых сухих веществ. (2010). Москва: Стандартинформ.
- 21 Межгосударственный стандарт ГОСТ 8756.13-87. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сахаров. (2010). Москва: Стандартинформ.
- 22 Межгосударственный стандарт ГОСТ 24556-89. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С. (2002). Москва: ИПК издательство стандартов.
- 23 Межгосударственный стандарт ГОСТ 29270-95. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения нитратов. (2010). Москва: Стандартинформ.
- 24 Бондаренко, А.Н. (2022). Результаты применения стимуляторов роста нового поколения при возделывании лука репчатого. *Известия НВ АУК*, 1(65), 29-37. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-01-02.

25 Shin, J.H., Lee, H.K., Back, C.G., Kang, S.H., Han, J.W., Lee, S.C., Han, Y.K. (2023). Identification of Fusarium Basal Rot Pathogens of Onion and Evaluation of Fungicides against the Pathogens. *Mycobiology*, 18: 51(4), 264-272. DOI: 10.1080/12298093.2023.2243759.

26 Deshapriya, N., Rajapaksha, R.G.S.A., Jayaratne, D.L., Gunaratna, L.N.R. (2020). Allium cepa L. (Onion) Storage Diseases and Effect of Trichoderma asperellum and Trichoderma virens Pre-harvest Treatments on Postharvest Quality. *Journal of Agricultural Sciences - Sri Lanka*, 15: 3, 320-333. DOI: 10.4038/jas.v15i3.8932

27 Yanchenko, A.V., Azopkov, M.I., Golubovich, V.S. (2024). Pre-sowing treatment of table carrot seeds. *Pot. & Veg.*, 3, 23-26. <https://doi.org/10.25630/PAV.2024.64.79.003>.

References

1 Fu, J., Zhang, H., Guo, F. (2019). Identification and characterization of abundant repetitive sequences in Allium cepa. *Sci. Rep.*, 9, 16756. DOI:10.1038/s41598-019-52995-9.

2 Pagano, A., Macovei, A., Xia, X., Padula, G., Hołubowicz, R., Balestrazzi, A. (2023). Seed Priming Applied to Onion-Like Crops: State of the Art and Open Questions. *Agronomy*, 13(2), 288. DOI:10.3390/agronomy13020288.

3 Іanchenko, A.V., Buharov, A.F., Fedosov A.І.U., Іvanova, M.І., Menşih, A.M., Belova, S.V. (2024). Sovremennoe sostoianie i otkrytye voprosy praimirovania semän luka repchatogo. *Ovoşi Rosii*, 5, 31-37. DOI:10.18619/2072-9146-2024-5-31-3.

4 Padula, G., Xia, X.Z., Hołubowicz, R. (2022). Welsh onion (*Allium fistulosum* L.) seed physiology, breeding, production and trade. *Plants*, 11, 343. DOI:10.3390/plants11030343.

5 Aitbaeva, A.T., Aitbaev, T.E., Böribaeva, L.Ä., Manabaeva, Ü.A. (2024). Biologialyq preparattardyñ kökönis daqyldarynyñ tüqymdarynyñ ösu energiasyna jäne öngiştigine äseri. *Topyraqtanu jäne agrohimiya*, 4, 72-73. DOI: 10.51886/1999-740H_2024_4_72.

6 Karim, M.N., Sani, M.N.H., Uddain, J., Azad, M.O.K., Kabir, M.S., Rahman, M.S., Choi, K.Y., Naznin, M.T. (2020). Stimulatory Effect of Seed Priming as Pretreatment Factors on Germination and Yield Performance of Yard Long Bean (*Vigna unguiculata*). *Horticulturae*, 6(4), 104. DOI:10.3390/horticulturae6040104.

7 Sorrentino, M., De Diego, N., Ugena, L., Spíchal, L., Lucini, L., Miras-Moreno, B., Zhang, L., Rouphael, Y., Colla, G., Panzarová, K. (2021). Seed Priming With Protein Hydrolysates Improves Arabidopsis Growth and Stress Tolerance to Abiotic Stresses. *Front. Plant Sci.*, 12, 626301. DOI:10.3389/fpls.2021.626301.

8 Paul, S., Dey, S., Kundu, R. (2022). Seed priming: An emerging tool towards sustainable agriculture. *Plant Growth Regul.*, 97, 215-234. DOI:10.1007/s10725-021-00761-1.

9 Kozlov, İ.İ., Kunavin, G.A. (2011). Primenenie biologicheskii aktivnykh veshstv pri vyraşivaniі luka repchatogo. *Agrarnyi vestnik Urala*, 3(82), 69-70.

10 Іanchenko, A.V., Buharov, A.F., Fedosov, A.І.U. (2023). Praiming - innovatsionnoe razvitie metodologii podgotovki semän k posevu (obzor). *Ovoşi Rosii*, 5, 28-36. DOI:10.18619/2072-9146-2023-05-28-36.

11 El-Badri, A.M.A., Batool, M., Mohamed, I.A.A., Khatab, A., Sherif, A., Wang, Z.K., Salah, A., Nishawy, E., Ayaad, M., Kuai, J. (2021). Modulation of salinity impact on early seedling stage via nano-priming application of zinc oxide on rape seed (*Brassica napus* L.). *Plant Physiol. Biochem.*, 166, 376-392. DOI:10.1016/j.plaphy.2021.05.040.

12 Tuan, P.A., Sun, M., Nguyen, T.N., Park, S., Ayele, B.T. (2019). *Molecular mechanisms of seed germination*. In: Sprouted Grains. AACC International, 1-24. DOI:10.1016/B978-0-12-811525-1.00001-4.

13 Makhaye, G., Aremu, A.O., Gerrano, A.S., Tesfay, S., Du, Plooy, C.P., Amoo, S.O. (2021). Biopriming with seaweed extract and microbial-based commercial biostimulants influences seed germination of five *Abelmoschus* genotypes. *Plants*, 10(7), 1327. DOI:10.3390/plants10071327.

14 Jatana, B.S., Grover, S., Ram, H., Baath, G.S. (2024). Seed priming: molecular and physiological mechanisms underlying biotic and abiotic stress tolerance. *Agronomy*, 14(12), 2901. DOI:10.3390/agronomy14122901.

- 15 Poberezny, J., Szczepanek, M., Wszelaczyńska, E., Prus P. (2020). The quality of carrot after field biostimulant application and after storage. *Sustainability*, 12(4), 1386. DOI:10.3390/su12041386.
- 16 Meier, U. (2018). *Growth stages of mono- and dicotyledonous plants*. BBCH Monograph. Julius KühnInstitut, Federal Research Centre for Cultivated Plants, Quedlinburg, Germany.
- 17 Dospehov, B.A. (1980). *Metodika polevogo opyta*. Moskva: Kolos, 169-184.
- 18 Litvinov, S.S. (2011). *Metodika polevogo opyta v ovoševodstve*. Moskva: Vserossiski nauchno-issledovatel'ski institut ovoševodstva RASHN, 648.
- 19 Mezhgosudarstvennyi standart GOST 12038-84. Semena selskhozäistvennykh kültur. Metody opredelenia vshojesti. (2010). Moskva: Standartinform.
- 20 Mezhgosudarstvennyi standart GOST 28562-90. Produkty pererabotki plodov i ovošei. Refraktometricheski metod opredelenia soderžania rastvorimyh suhih vešestv. (2010). Moskva: Standartinform.
- 21 Mezhgosudarstvennyi standart GOST 8756.13-87. Produkty pererabotki plodov i ovošei. Metody opredelenia saharov. (2010). Moskva: Standartinform.
- 22 Mezhgosudarstvennyi standart GOST 24556-89. Produkty pererabotki plodov i ovošei. Metody opredelenia vitamina S. (2002). Moskva: IPK izdatel'stvo standartov,
- 23 Mezhgosudarstvennyi standart GOST 29270-95. Produkty pererabotki plodov i ovošei. Metody opredelenia nitratov. (2010). Moskva: Standartinform.
- 24 Bondarenko, A.N. (2022). Rezültaty primeneniya stimulätorov rosta novogo pokolenia pri vozdeľyvanii luka repchatogo. *İzvestia NV AUK*, 1(65), 29-37. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-01-02.
- 25 Shin, J.H., Lee, H.K., Back, C.G., Kang, S.H., Han, J.W., Lee, S.C., Han, Y.K. (2023). Identification of Fusarium Basal Rot Pathogens of Onion and Evaluation of Fungicides against the Pathogens. *Mycobiology*, 18: 51(4), 264-272. DOI: 10.1080/12298093.2023.2243759.
- 26 Deshapriya, N., Rajapaksha, R.G.S.A., Jayaratne, D.L., Gunaratna, L.N.R. (2020). Allium cepa L. (Onion) Storage Diseases and Effect of Trichoderma asperellum and Trichoderma virens Pre-harvest Treatments on Postharvest Quality. *Journal of Agricultural Sciences - Sri Lanka*, 15:3, 320-333. DOI: 10.4038/jas.v15i3.8932.
- 27 Yanchenko, A.V., Azopkov, M.I., Golubovich, V.S. (2024). Pre-sowing treatment of table carrot seeds. *Pot. & Veg.*, 3, 23-26. DOI:10.25630/PAV.2024.64.79.003.

Влияние новых комплексных биологических препаратов на посевные качества семян лука репчатого (*Allium cepa* L.) и продуктивность луковиц

Айтбаева А.Т., Айтбаев Т.Е., Бурибаева Л.А., Ибрагимова Г.М.

Аннотация

Предпосылки и цель. Лук репчатый (*Allium cepa* L.) – ценная овощная культура, широко возделываемая и обладающая высокой пищевой и лечебной ценностью. В условиях Казахстана снижение урожайности лука по сравнению с потенциальными возможностями возделываемых сортов обусловлено быстрой утратой всхожести семян при хранении, а также формированием слабых, изреженных растений, характеризующихся низкой устойчивостью к абиотическим и биотическим стрессам. В связи с этим, наши исследования были направлены на определение эффективности новых комплексных биологических препаратов, способствующих улучшению посевных качеств семян лука и повышению его продуктивности.

Материалы и методы. Исследования проводились на юго-востоке Казахстана, в предгорной зоне северного склона Заилийского Алатау, на базе Регионального филиала «Кайнар» ТОО «Казахский научно-исследовательский институт плодовоовощеводства». Опыт закладывался на сорте лука Табыс в условиях открытого грунта и лаборатории по 5 вариантам (Т1–Т5) в 4-кратной повторности. В ходе исследований оценивались лабораторная всхожесть и энергия прорастания семян, фитосанитарное состояние, биометрические показатели растений, урожайность и качество продукции. Статистическая обработка данных проводилась методом однофакторного дисперсионного анализа (One-way ANOVA) при уровне значимости $p \leq 0,05$.

Результаты. Полученные данные показали, что обработка семян лука комплексными биологическими препаратами существенно повышает их всхожесть и обеспечивает дружное и равномерное появление всходов. Это, в свою очередь, способствует формированию растений с повышенной устойчивостью к абиотическим и биотическим стрессам и хорошо развитой вегетативной массой. Интенсивное развитие вегетативных и генеративных органов приводит к увеличению урожайности культуры и улучшению биохимических показателей луковиц. Кроме того, отмечено улучшение фитосанитарного состояния посевов и снижение химической и пестицидной нагрузки в 1,5–2 раза.

Закключение. Посевные качества семян играют ключевую роль в производстве лука, поскольку являются одним из основных факторов формирования будущего урожая. Полученные результаты носят научную новизну и свидетельствуют о том, что применение биопрайминга семян лука позволяет повысить их всхожесть и существенно увеличить продуктивность культуры.

Ключевые слова: лук репчатый; биопрайминг; грибные заболевания; морфологические характеристики; урожайность; показатели качества.

Effect of new complex biological preparations on the sowing qualities of onion (*Allium cepa* L.) seeds and bulb productivity

Akbope T. Aitbayeva, Temirzhan Ye. Aitbayev, Laura A. Buribayeva, Gulnara M. Ibragimova

Background and Aim. Bulb onion (*Allium cepa* L.) is an economically important vegetable crop widely cultivated and valued for its nutritional and medicinal properties. In Kazakhstan, the reduction in onion yield compared to the potential of cultivated varieties is associated with the rapid loss of seed viability during storage, as well as the formation of weak and sparse plants with low resistance to abiotic and biotic stresses. Therefore, the present study was aimed at evaluating the effectiveness of novel complex biological preparations in improving the sowing qualities of onion seeds and enhancing crop productivity.

Materials and Methods. The research was conducted in the south-east of Kazakhstan, in the foothill zone of the northern slope of the Trans-Ili Alatau, at the «Kainar» regional branch of the Kazakh Research Institute of Fruit and Vegetable Growing. Experiments were performed on the onion cultivar Tabys under both open-field and laboratory conditions, including five treatments (T1-T5) with four replications. The study assessed laboratory germination, germination energy, phytosanitary status, biometric parameters of plants, yield, and product quality. Statistical analysis was performed using one-way ANOVA at a significance level of $p \leq 0.05$.

Results. Treatment of onion seeds with complex biological preparations significantly increased germination and ensured uniform and rapid seedling emergence. This, in turn, contributed to the formation of plants with enhanced resistance to abiotic and biotic stresses and well-developed vegetative biomass. The intensive development of vegetative and generative organs led to increased crop productivity and improved biochemical characteristics of bulbs. Furthermore, the treatments improved the phytosanitary condition of crops and reduced the need for chemical and pesticide applications by 1.5– fold 2.

Conclusion. Seed sowing quality plays a crucial role in onion production, as it is one of the main factors determining future yield. The obtained results are novel and indicate that biopriming of onion seeds can improve their germination and significantly increase crop productivity.

Keywords: bulb onion; biopriming; fungal diseases; morphological characteristics; yield; quality indicators.

How to cite: Genievskaya, Y., Turuspekov, Y. (2026). Genetic resistance to major fungal diseases of barley in Kazakhstan: advances, challenges, and breeding perspectives. *Eurasian Agrotechnical Journal*, 2(130), 28-45. DOI: [https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2\(130\).2208](https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2(130).2208).

UDC 633.256

Review article

Genetic resistance to major fungal diseases of barley in Kazakhstan: advances, challenges, and breeding perspectives

Yuliya A. Genievskaya , Yerlan K. Turuspekov 

Institute of Plant Biology and Biotechnology, Almaty, Kazakhstan

Corresponding author: Yerlan K. Turuspekov: yerlant@yahoo.com

Co-author: (1: YG) julia.genievskaya@gmail.com

Received: 20 April 2026 **Accepted:** 03 June 2026 **Published:** 30 June 2026

Copyright: Genievskaya, Y. et al. This article is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Abstract

Background and Aim. Barley (*Hordeum vulgare* L.) is a key cereal crop in Kazakhstan, ranking second after wheat and making a substantial contribution to livestock production and food security. However, barley productivity is strongly constrained by major fungal diseases, including net blotch, barley scald, powdery mildew, and stem rust, causing yield losses of 10–40% and up to 100% under severe epidemics. This review summarizes current knowledge on the genetic basis of resistance to these diseases, with particular emphasis on resistance genes, quantitative trait loci (QTLs), and their application in barley breeding in Kazakhstan.

Materials and Methods. The review is based on the analysis of published scientific literature and recent molecular studies, including genome-wide association studies (GWAS) and SSR-marker analyses conducted on globally diverse and locally adapted barley germplasm. Particular emphasis was placed on studies performed under the agroecological conditions of Kazakhstan.

Results. Numerous resistance loci associated with major barley diseases have been identified and characterized. In Kazakhstan, GWAS identified 59 QTLs for net blotch (25 novel), 7 QTLs for powdery mildew (5 novel), and 19 QTLs for stem rust (13 novel), along with validation of known resistance genes. These studies also confirmed the presence of both globally relevant and region-specific resistance sources in local germplasm. The findings highlight the importance of combining major resistance genes with quantitative resistance loci and adult plant resistance (APR) for durable resistance.

Conclusion. Molecular tools such as GWAS, marker-assisted selection, and genomic selection offer strong potential to accelerate barley breeding for disease resistance. Future research should focus on gene pyramiding, use of diverse germplasm, and advanced approaches such as pangenomics and genome editing. These strategies will develop multi-disease resistant barley cultivars adapted to Kazakhstan conditions.

Keywords: net blotch; barley scald; powdery mildew; stem rust; QTL.

Introduction

Barley (*Hordeum vulgare* L.) is one of the most widely cultivated cereal crops worldwide, ranking fourth after wheat, maize, and rice. Global cultivation exceeds 50 mln hectares, with annual production ranging between 150 and 155 mln metric tons in recent years [1, 2]. Its broad adaptability to diverse agroecological conditions, including drought-prone, saline, and low-fertility environments, makes barley a key crop in marginal regions where other cereals often fail. Beyond its agronomic resilience, barley has substantial economic importance: approximately 70% of global production is used for animal feed, 20–25% for malting and brewing, and a smaller proportion for human consumption [3, 4]. The global barley market was valued at more than USD 20 billion in 2024, underscoring its continued relevance [5].

In Central Asia, Kazakhstan is among the major barley-producing countries, with annual production ranging from approximately 2.6 to 3.8 mln metric tons, depending on climatic conditions [1, 6]. Barley is the second most important cereal crop in the country after wheat and plays a vital role in livestock production, food security, and export markets. The primary production zones are located in northern Kazakhstan, characterized by continental climatic conditions with cold winters, hot summers, and variable precipitation. Despite its adaptability, average yields remain relatively low (1.5–1.7 tons per ha), largely due to combined abiotic stresses and biotic constraints, particularly fungal diseases.

Fungal diseases represent one of the most significant constraints to barley productivity worldwide. They reduce both yield and grain quality, affecting key parameters such as kernel size, thousand kernel weight, and malting quality. Under moderate infection, yield losses typically range from 10% to 40%, but may reach up to 100% in severe epidemics, especially when susceptible cultivars are grown under favorable environmental conditions [7, 8]. In addition, certain pathogens can adversely affect grain quality, leading to economic losses in both feed and malting industries.

Among the most economically important fungal diseases of barley are net blotch (NB), barley scald (BS), powdery mildew (PM), and stem rust (SR). These diseases are widely distributed across barley-growing regions and their epidemiology and severity are increasingly influenced by climatic variability. In Kazakhstan, NB and BS are particularly prevalent, often occurring simultaneously and contributing to cumulative yield losses [9, 10, 11]. PM and SR, although historically less dominant [12, 13, 14], remain important due to their widespread occurrence and the emergence of highly virulent pathogen populations [15].

Disease development is strongly influenced by environmental factors, including temperature, humidity, and leaf wetness duration, resulting in pronounced genotype $\times$ environment interactions [16]. This variability complicates disease management and the deployment of resistant cultivars, particularly under the heterogeneous climatic conditions of Kazakhstan.

While fungicide application and agronomic practices can provide partial disease control, these approaches are associated with increased production costs, environmental concerns, and the risk of fungicide resistance [17]. Therefore, the development of resistant cultivars remains the most sustainable and economically viable strategy. However, breeding for resistance is challenged by the quantitative nature of many resistance traits and the rapid evolution of pathogen populations [18].

Recent advances in molecular genetics, including quantitative trait locus (QTL) mapping, genome-wide association studies (GWAS), and marker-assisted selection (MAS), have significantly improved the understanding of the genetic architecture of disease resistance in barley [19]. These approaches enable the identification of resistance loci and molecular markers that can accelerate breeding programs. In Kazakhstan, the application of these tools to local germplasm has begun to reveal resistance mechanisms to major barley diseases [10, 13, 14, 20, 21], although comprehensive integration into breeding pipelines remains limited.

This review summarizes current knowledge on the genetic basis of resistance to four major fungal diseases of barley, with particular emphasis on resistance genes and QTLs identified in globally diverse germplasm. Special attention is given to insights derived from recent molecular studies, including GWAS and SSR-genotyping, with phenotypic evaluation conducted under the agroecological conditions of Kazakhstan, and their implications for the development of resistant cultivars adapted to the region.

Materials and Methods

The review was prepared as a structured analytical synthesis of current knowledge on the genetic basis of resistance in barley to major fungal diseases in Kazakhstan. A comprehensive literature search was conducted using scientific databases (Scopus, Web of Science, Google Scholar, and PubMed), covering peer-reviewed articles, reviews, and relevant studies published up to 2026. Particular emphasis was placed on recent molecular studies, including GWAS, SSR-marker analyses, and phenotypic evaluations performed on globally diverse and locally adapted barley germplasm under the agroecological conditions of Kazakhstan.

Data on resistance genes, QTLs, pathogen populations, and breeding strategies were extracted and synthesized narratively, with special attention given to studies addressing NB, BS, PM, and SR. Tables were used to summarize major resistance loci and GWAS results.

Results

Net blotch (Pyrenophora teres)

NB is one of the most economically important foliar diseases of barley worldwide. The pathogen occurs in two forms: *P. teres* f. *teres* (Ptt), causing the net form (NFNB), and *P. teres* f. *maculata* (Ptm), responsible for the spot form (SFNB). These forms differ in symptom expression and host-pathogen interactions [22]. NFNB produces elongated necrotic lesions with characteristic net-like patterns (Figure 1), whereas SFNB results in discrete, circular lesions surrounded by chlorotic halos.



Figure 1. Photo of *P. teres* f. *teres* on barley plant in the field of Almaty region [10]

The pathogen survives between growing seasons on infected crop residues and seed, serving as the primary inoculum source. Both sexual (ascospores) and asexual (conidia) spores contribute to disease spread, with secondary infection driven mainly by conidia under favorable environmental conditions [7, 22]. Disease development is promoted by moderate temperatures and moisture, particularly periods of leaf wetness.

NB is widely distributed across major barley-growing regions, including North America, Europe, Australia, and Asia. In Kazakhstan, NB is one of the most prevalent foliar diseases, with infection severity exceeding 40% in northern regions during favorable years. Yield losses typically range from 10% to 40%, although higher losses may occur under severe epidemics [10, 11, 22]. Field evaluations have further demonstrated strong stage-dependent variation in resistance: although up to 37 genotypes exhibited resistance at the stem elongation stage; only 12 genotypes-maintained resistance at heading, indicating substantial changes in host response during plant development [11]. Moreover, the high virulence diversity observed in local Ptt populations, including isolates capable of overcoming resistance in commercial cultivars such as “Ubagan” [11], highlights the dynamic nature of host-pathogen interactions and the need for durable resistance strategies.

In addition to reducing yield, NB negatively affects grain quality by decreasing kernel size and thousand kernel weight [23].

Resistance to NB is commonly evaluated using visual infection-type scales developed for both seedling and adult plant stages. At the seedling stage, the Tekauz scale [24] is widely used to classify reactions from resistant to susceptible based on lesion size, chlorosis, and necrosis patterns. In field

evaluations, disease severity is often estimated as the percentage of infected leaf area using modified Cobb-type scales [25] or a 1–9 rating system, where lower scores indicate greater resistance.

Barley scald (*Rhynchosporium commune*)

BS, caused by *R. commune* (Rc), is a major foliar disease in temperate regions characterized by cool and humid conditions [26]. Symptoms include irregular lesions that develop into characteristic grayish-white centers with dark margins, often coalescing under severe infection [27] (Figure 2).



Figure 2. Photo of *R. commune* on barley plant in the field of Almaty region [10]

The pathogen survives on crop residues and volunteer plants, with disease spread primarily mediated by rain-splashed conidia. Moisture is a critical factor for infection, with optimal conditions occurring at temperatures of 10–20 °C and prolonged leaf wetness [27]. Consequently, BS is particularly prevalent in regions with frequent precipitation [26].

Globally, BS is widely distributed across Europe, North Africa, South America, and parts of Asia. Yield losses typically range from 10% to 40%, but may approach 100% under continuous barley cultivation without crop rotation [28]. In Kazakhstan, the disease is widespread across major barley-growing regions and shows considerable variation in severity depending on environmental conditions and host genotype, with field studies reporting disease development levels commonly ranging from 5% to 50% in spring barley under natural infection [29]. Also, BS negatively affects grain quality by decreasing kernel weight and uniformity [27].

BS resistance is traditionally assessed using qualitative infection-type scales that consider lesion size, sporulation intensity, and the extent of chlorosis or necrosis. Seedling evaluations commonly employ a 0–4 or 0–9 scale, while adult plant resistance is frequently quantified as the percentage of diseased leaf area under field conditions. These assessments allow differentiation between highly resistant, moderately resistant, and susceptible genotypes.

Powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*)

PM, caused by the obligate biotrophic fungus *B. graminis* f. sp. *hordei* (Bgh), is a widespread disease affecting barley across diverse environments. The pathogen forms white, powdery colonies on leaf surfaces and extracts nutrients via haustoria formed within epidermal cells [30] (Figure 3).



Figure 3. Photo of *B. graminis* f. sp. *hordei* on barley plant in the field of Almaty region

Unlike many foliar pathogens, *Bgh* does not require free water for infection. It spreads through airborne conidia and is favored by moderate temperatures (15–22 °C) and high humidity. Its short life cycle and high reproductive capacity enable rapid adaptation, often resulting in the breakdown of resistance genes [31].

Yield losses associated with PM are typically moderate (5–20%), but may be higher under severe infection [32]. The disease reduces photosynthetic efficiency and biomass accumulation, ultimately affecting grain filling [33]. In Kazakhstan, PM occurs in both northern and southeastern regions, with variable severity depending on environmental conditions. Studies have revealed high genetic and phenotypic diversity of *Bgh* in southern regions, with 23 pathotypes identified among 107 isolates and considerable variation in virulence frequencies across locations, indicating strong adaptive potential of the pathogen [12]. Notably, while virulence to several *Mla* resistance genes remains low (0.9–1.8%), all tested isolates were virulent to *Mla8*, highlighting the limited effectiveness of certain resistance sources [12].

PM resistance is typically scored using infection-type scales based on the amount of fungal mycelium and sporulation on leaf surfaces. The most widely used method is a 0–4 scale, where 0 indicates the absence of visible symptoms and 4 represents abundant sporulation and high susceptibility. In field experiments, disease severity may also be recorded as the percentage of leaf area covered by mildew colonies.

Stem rust (Puccinia graminis f. sp. tritici)

SR, caused by *P. graminis* f. sp. *tritici* (*Pgt*), is one of the most destructive diseases of cereals. The pathogen has a complex life cycle involving both cereal hosts and *Berberis* spp., producing multiple spore types that facilitate both sexual and asexual reproduction [34].

Infection results in characteristic reddish-brown pustules on stems, leaves, and spikes, which can disrupt vascular tissues and severely impair plant growth (Figure 4).



Figure 4 – Photo of *P. graminis* f. sp. *tritici* on barley plant in the field of Almaty region [14]

The disease is favored by warm temperatures (20–30°C) and sufficient moisture, and airborne spores enable long-distance dispersal [35]. Yield losses due to SR often exceed 50% and may reach up to 100% under severe epidemics [36]. The emergence of highly virulent races, particularly the Ug99 lineage, has increased global concern due to their ability to overcome widely deployed resistance genes. Although historically less prevalent in Kazakhstan compared to foliar diseases, SR poses an increasing risk due to climate change and pathogen migration.

Recent studies in Central Asia, including Kazakhstan, have identified variation in resistance among local cultivars and detected loci associated with adult plant resistance (APR) using molecular approaches such as GWAS [14, 20]. These findings highlight the importance of integrating genetic resistance into breeding programs to mitigate future risks.

SR resistance is traditionally evaluated using the Stakman infection-type scale, which classifies reactions from immune (0) to highly susceptible (4) based on uredinium size and the presence of chlorosis or necrosis [37]. For adult plants, disease severity is commonly estimated using the modified Cobb scale [25], which records the percentage of plant tissue covered by rust pustules and combines severity estimates with host response classes such as resistant (R), moderately resistant (MR), moderately susceptible (MS), and susceptible (S).

Genetic basis of resistance to four fungal diseases of barley in Kazakhstan

The genetic control of resistance to major barley diseases in Kazakhstan reflects a combination of well-characterized major genes and numerous QTLs identified through recent genome-wide studies. As summarized in table 1, resistance to NB, BS, PM, and SR is governed by both seedling/all-stage resistance (ASR) and APR, with clear implications for breeding strategies.

Table 1. The list of major resistance genes to net blotch, barley scald, powdery mildew, and stem rust in barley

Pathogen/disease	Locus	Chr.	Pos. (Mb)	Type of resistance	References
<i>Pyrenophora teres</i> / net blotch	<i>Rpt1</i>	3H	541.7 – 574.5	ASR, APR	[38, 39, 40]
	<i>Rpt2</i>	1H	25.7 – 78.9	ASR	
	<i>Rpt3</i>	2H	601.8 – 663.6	ASR, APR	
	<i>Rpt4</i> / <i>Rpt3</i>	7H	415.1 – 596.7	ASR	
	<i>Rpt5</i>	6H	362.3 – 376.9	ASR	
	<i>Rpt6</i>	5H	2.2 – 16.6	ASR	
	<i>Rpt7</i>	4H	81.9 – 447.3	ASR, APR	
	<i>Rpt8</i>	4H	572.5 – 592.2	ASR, APR	
	<i>Rpt9</i> / <i>Spt3</i>	7H	587.1 – 632.0	ASR, APR	
	<i>Rpt10</i> / <i>Spt2</i>	5H	437.1 – 455.5	ASR	
	<i>Rpt11</i> / <i>Spt4</i>	1H	2.6 – 14.7	ASR	
<i>Rhynchosporium commune</i> / barley scald	<i>SPN1</i>	6H	30.1 – 94.9	ASR	[26, 41]
	<i>Rrs1</i> (<i>Rh4</i>)	3H	446.9	ASR	
	<i>Rrs14</i>	1H	2.8	ASR	
	<i>Rrs17</i> (<i>Rrs15</i> (<i>CI8288</i>))	2H	10.4	ASR	
	<i>Rhy</i>	3H	447.3	ASR	
	<i>Rrs4</i>	3H	523.0	ASR	
	<i>Rrs16</i>	4H	1.7	APR	
	<i>Rrs18</i> (<i>qC174_6</i>)	6H	11.8	APR	
	<i>Rrs13</i>	6H	25.6	ASR	
	<i>Rrs2</i>	7H	5.2	ASR, APR	
<i>Blumeria graminis</i> f. sp. <i>hordei</i> / powdery mildew	<i>Rrs12</i>	7H	16.0	ASR	[42, 43]
	<i>Rrs15</i>	7H	626.3	ASR	
	<i>Mla</i>	1H	0.24 – 0.36	ASR	
	<i>MILa</i>	2H	NA	APR	
	<i>Mlg</i> , <i>MIBo</i>	4H	550	ASR	
	<i>mlo</i>	4H	589.3	ASR	
	<i>MLh</i>	6H	NA	ASR	
	<i>Mlf</i>	7H	NA	ASR	
	<i>Mlj</i>	5H	NA	ASR	
	<i>mlmr</i>	6H	NA	APR	
<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i> / stem rust	<i>Mlt</i>	7H	NA	ASR	[38, 44]
	<i>MISb</i>	7H	NA	ASR	
	<i>Rpg1</i>	7H	3.73– 3.74	ASR	
	<i>Rpg2</i>	2H	533.3– 551.2	APR	
	<i>Rpg3</i>	5H	448.6 – 519.6	APR	
	<i>rpg4</i> / <i>Rpg5</i>	5H	562.8 – 562.9	ASR	
	<i>rpg6</i>	6H	0.07 – 25.5	ASR	
	<i>Rpg7</i>	3H	606.1 – 615.9	ASR	
	<i>Rrr1</i>	5H	560.9 – 561.5	ASR	
	<i>Rrr2</i>	7H	6.2 – 6.9	ASR	
	<i>Rpr1</i>	4H	145.5 – 411.4	ASR	
	<i>Rpr2</i>	6H	68.3 – 111.5	ASR	
	<i>Rpr9</i>	3H	502.4 – 503.2	ASR	

Chr. – chromosome, Pos. – position, ASR – seedling/all-stage resistance, APR – adult plant resistance, NA – information is unknown.

For NB, at least 11 major resistance loci (Rpt) and additional loci, such as SPN1, have been identified across all barley chromosomes, as reported in multiple linkage and association mapping studies [38]. Resistance to BS is controlled by a series of Rrs genes, with more than 15 loci described to date, although many exhibit race-specific effects and limited durability [26]. PM resistance represents one of the most extensively characterized systems in barley, with over 30 alleles identified at the Mla locus alone, in addition to other loci such as mlo, which confers durable, broad-spectrum resistance [42]. For SR, at least 10 major genes (Rpg) have been mapped, with Rpg1 being the most widely deployed gene in cultivated barley [38].

Recent studies based on GWAS and SSR genotyping, using globally diverse barley germplasm (accessions from the USA, Middle East, Europe, Africa, and Kazakhstan) assessed under conditions of southern and south-eastern Kazakhstan, have provided valuable insights into the genetic architecture of resistance to four major fungal diseases (Table 2).

Table 2. Number of SNP, SSRs and list of genes identified for net blotch, powdery mildew, and stem rust of barley in Kazakhstan

Pathogen/disease	Number of QTLs from GWAS	Number of presumably novel QTLs from GWAS	Number of effective SSRs	Genes overlapped with QTLs from GWAS and SSR markers	Reference
<i>Pyrenophora teres</i> / net blotch	59	25	3	<i>Rpt1, Rpt2, Rpt3, Rpt4, Rpt6, Rpt8, Rpt9, SPN1</i>	[10, 21]
<i>Rhynchosporium commune</i> / barley scald	-	-	3	<i>Rrs4</i>	[10]
<i>Blumeria graminis</i> f. sp. <i>hordei</i> / powdery mildew	7	5	-	<i>Mla</i>	[13]
<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i> / stem rust	19	13	-	<i>Rpg1, Rpg6</i>	[14]

GWAS conducted in Kazakhstan identified 59 QTLs for NB, of which 25 were considered potentially novel, highlighting the unique genetic diversity of local germplasm. Importantly, several of these QTLs co-localized with known *Rpt* genes (e.g., *Rpt1, Rpt3, Rpt6, Rpt8*), confirming their relevance under regional agro-climatic conditions [21]. Additionally, seven SSRs were used for the screening of local germplasm, revealing that markers *Bmac209, Bmag206, and Bmag613* confirmed their association with NB resistance in Kazakhstan [10].

Resistance to BS is primarily associated with major genes such as *Rrs1* and *Rrs2*, alongside additional loci distributed on chromosomes 1H-7H [26]. Although fewer large-scale studies have been conducted in Kazakhstan compared to NB, the presence of *Rrs4* locus suggests a complex genetic architecture requiring further validation under local environments.

In contrast, resistance to PM in Kazakhstan appears to be less genetically diverse, with only seven QTLs identified, five of which are novel [13]. These loci are primarily associated with the well-known *Mla* resistance cluster, indicating a narrower genetic base that may limit long-term durability.

For SR, 19 QTLs have been identified in Kazakhstan, including 13 novel loci, with key resistance genes such as *Rpg1* and *Rpg6* contributing to ASR [14]. The presence of APR loci further supports the importance of combining resistance types to achieve durable protection.

Overall, these findings demonstrate that the diverse barley germplasm tested in Kazakhstan harbors both globally recognized and region-specific resistance loci, emphasizing its value for breeding programs targeting multi-disease resilience under continental climatic conditions.

Discussion

Breeding strategies for disease resistance

The development of disease-resistant barley cultivars relies on the strategic combination of genetic resistance sources, informed by an understanding of pathogen variability, host–pathogen interactions, and the genetic architecture of resistance. Modern breeding approaches increasingly integrate classical selection methods with molecular tools to achieve durable, broad-spectrum resistance against multiple pathogens.

One of the fundamental strategies is the deployment of major resistance (R) genes, which typically confer high levels of race-specific resistance at the seedling stage [45]. Genes such as *Rpg1* for SR [46] and multiple *Mla* alleles for PM [47] have been widely utilized due to their strong phenotypic effects. However, the durability of such resistance is often limited, as pathogen populations can rapidly evolve virulence. For example, the emergence of virulent races of *Bgh* and *Pgt* has repeatedly led to the breakdown of single-gene resistance in barley [48, 49]. Consequently, reliance on individual R genes is considered insufficient for long-term disease management.

To overcome this limitation, breeding programs increasingly focus on quantitative resistance, often expressed as APR [45]. This form of resistance is typically controlled by multiple loci with smaller effects and provides partial but more durable protection. Studies have demonstrated that combining several minor-effect QTLs can significantly reduce disease severity and slow pathogen adaptation [31, 50]. In barley, APR has been reported for all four major diseases (Table 1), highlighting its importance for sustainable resistance breeding.

Another widely adopted approach is gene pyramiding, which involves the combination of multiple resistance genes within a single genotype. This strategy enhances both the breadth and durability of resistance by reducing the likelihood that a pathogen can simultaneously overcome all resistance factors. MAS has greatly facilitated gene pyramiding by enabling the precise tracking of resistance loci during breeding cycles. For instance, pyramiding of *Rpg1* with APR loci has been shown to improve resistance stability against diverse SR races [51].

The integration of genomic tools, particularly GWAS and genomic selection (GS), represents a major advancement in resistance breeding. GWAS enables high-resolution identification of resistance loci across diverse germplasm, while GS uses genome-wide marker data to predict breeding values and accelerate selection cycles. In barley, GS has been successfully applied to improve complex traits, including disease resistance, with prediction accuracies often exceeding 0.5 depending on trait heritability and population structure [52, 53].

Figure 5 summarizes a modern breeding framework for developing disease-resistant barley cultivars using GWAS-derived molecular markers. In this approach, diverse germplasm is first phenotyped for disease response and genotyped with genome-wide markers to identify marker–trait associations linked to resistance. Significant loci are subsequently incorporated into breeding programs through marker-assisted selection, enabling the efficient identification of individuals carrying favorable alleles during population advancement. The integration of GWAS, marker-assisted selection, and conventional breeding accelerates the pyramiding of resistance loci and facilitates the development of cultivars with durable resistance to multiple fungal pathogens.

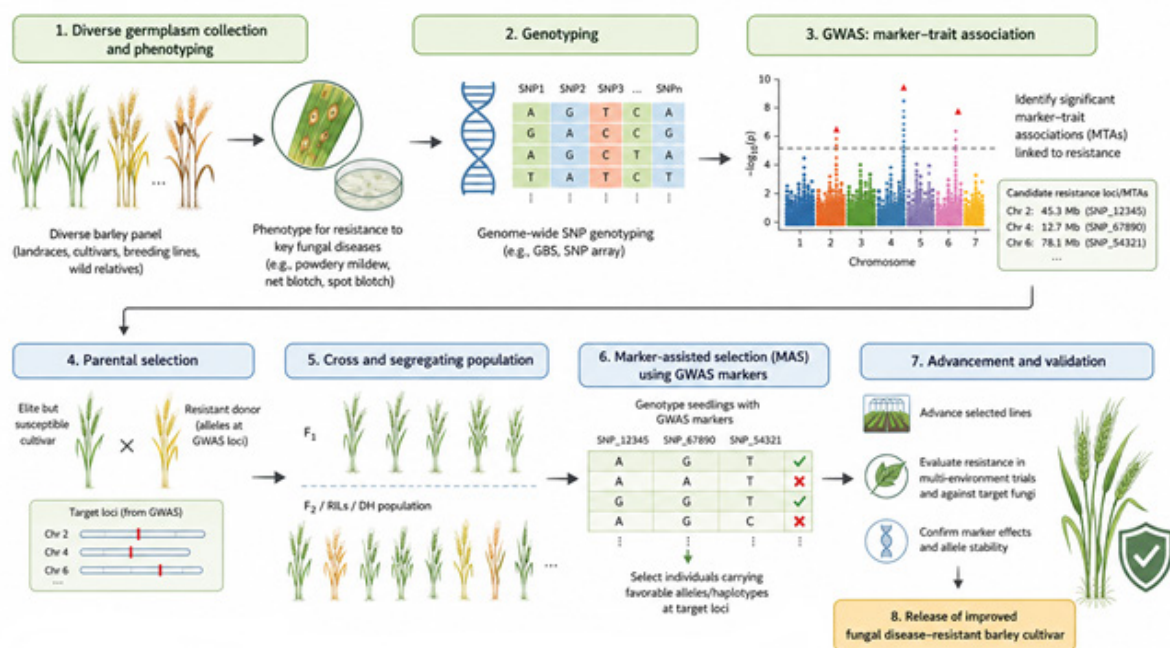


Figure 5. Schematic representation of a barley breeding pipeline for fungal disease resistance using molecular markers identified through genome-wide association studies (GWAS)

Recent examples from barley breeding programs further illustrate the effectiveness of these integrated approaches. In BS resistance, MAGIC populations combined with GWAS and high-density SNP genotyping have enabled pyramiding of loci such as *Rrs1* and *Rrs18* with additional QTLs, resulting in stable multi-environment resistance [54]. For stripe rust, doubled haploid lines combined with MAS have demonstrated that stacking multiple QTLs across different chromosomes provides substantially higher resistance than single loci [55]. In PM, GWAS-based identification of APR loci, together with selection for *mlo*-based slow-mildewing phenotypes, has contributed to long-term durable field resistance, illustrating the synergy between classical breeding and genomics-assisted selection [56].

In addition, host diversity and cultivar mixtures have been proposed as complementary strategies to reduce disease pressure at the field level. The use of genetically diverse cultivars can limit pathogen spread and delay the emergence of virulent races, contributing to more stable production systems. Although less commonly applied in large-scale agriculture, this approach remains relevant under low-input or environmentally sensitive conditions.

In Kazakhstan, breeding strategies for barley disease resistance are increasingly incorporating molecular approaches, although conventional phenotypic selection under field conditions remains the primary method. Recent GWAS studies on globally diverse germplasm phenotyped under Kazakhstan's agroecological conditions have identified QTLs for NB, PM, and SR [13, 14, 21], including a substantial proportion of novel loci, providing a valuable resource for marker-assisted breeding. However, the integration of these markers into routine breeding programs is still at an early stage [57]. Current efforts focus on combining locally adapted germplasm with identified resistance sources to develop cultivars with improved multi-disease resistance under continental climatic conditions.

Challenges in breeding for resistance

Despite substantial progress in identifying resistance genes and QTLs, breeding for durable disease resistance in barley remains a complex and multifaceted challenge. One of the most critical constraints is the high evolutionary potential of fungal pathogens, which enables rapid adaptation to host resistance. Pathogen populations of *Ptt*, *Rc*, *Bgh*, and *Pgt* exhibit high levels of genetic diversity driven by mutation, recombination, gene flow, and large population sizes [58]. These processes facilitate the emergence of new virulent pathotypes capable of overcoming resistance genes deployed in commercial cultivars [59].

A well-documented consequence of this evolutionary capacity is the so-called "boom-and-bust" cycle associated with major resistance genes [60]. Race-specific resistance, particularly in pathosystems governed by gene-for-gene interactions such as PM, is often rapidly rendered ineffective after widespread

deployment. For example, more than 85 race-specific resistance genes have been identified for PM in barley, yet many have lost effectiveness due to pathogen adaptation [61]. Similarly, studies emphasize that hypersensitive resistance conferred by major genes is frequently short-lived, necessitating continuous replacement of cultivars.

Another major challenge is the quantitative nature of durable resistance, which is typically controlled by multiple loci with small individual effects. While such resistance is more stable, it is also more difficult to select and validate, particularly under variable environmental conditions. Genotype $\times$ environment interactions significantly influence the expression of quantitative resistance, reducing selection accuracy and slowing breeding progress [62]. Moreover, the accumulation of favorable alleles through conventional breeding requires multiple generations and extensive phenotyping, increasing both time and cost.

The genetic uniformity of modern cultivars further exacerbates vulnerability to disease outbreaks [63]. As barley is a predominantly self-pollinated species, commercial varieties tend to be highly homogeneous, providing ideal conditions for rapid pathogen spread and adaptation. This lack of genetic diversity at the field level reduces the buffering capacity of cropping systems and increases the risk of large-scale epidemics.

In addition, fungicide resistance in pathogen populations represents an emerging constraint that indirectly affects resistance breeding. Intensive and repeated use of fungicides imposes strong selection pressure, leading to the development of resistant pathogen strains. Reduced sensitivity to major fungicide classes, including azoles, strobilurins, and SDHIs, has already been reported in several barley pathogens, complicating integrated disease management strategies [64]. This limits the effectiveness of chemical control and increases reliance on genetic resistance, thereby intensifying selection pressure on host resistance genes.

Another important limitation is the complexity of pyramiding resistance loci. Although combining multiple genes is essential for durable resistance, linkage drag, epistatic interactions, and limited availability of tightly linked markers can hinder efficient gene stacking. Furthermore, some resistance genes may be associated with undesirable agronomic traits, such as yield penalties or reduced adaptability, complicating their deployment in elite cultivars [65].

Finally, gaps in phenotyping and pathogen monitoring remain a bottleneck. Accurate assessment of resistance requires multi-environment trials and detailed characterization of pathogen populations [66]. However, limited availability of standardized phenotyping platforms and insufficient surveillance of pathogen virulence restrict the ability to match resistance genes with current pathogen races. Continuous monitoring is essential to anticipate resistance breakdown and guide breeding strategies.

In Kazakhstan, these challenges are particularly pronounced due to the combination of high environmental variability and dynamic pathogen populations. Continental climatic conditions, characterized by fluctuating temperature and moisture regimes, lead to strong year-to-year variation in disease pressure, complicating the evaluation of resistance. In addition, studies have shown that local populations of *Bgh* exhibit high intrapopulation variability and a strong capacity to overcome host resistance, while many commercial cultivars remain insufficiently resistant. Although recent GWAS studies have identified numerous resistance loci in local germplasm, their practical implementation in breeding programs is still limited. Strengthening the integration of molecular tools with long-term field validation and pathogen monitoring will be essential to overcome these constraints and develop resilient barley cultivars adapted to Kazakhstan's agroecological conditions.

Future perspectives

Future progress in breeding barley for disease resistance will largely depend on the integration of advanced genomic technologies, expanded genetic diversity, and predictive breeding frameworks. One of the most promising directions is the transition from MAS to gene-level and genome-wide approaches, enabling more precise identification and deployment of functional resistance alleles. Recent advances in barley pangenomics, supported by the sequencing of over 1,300 accessions, provide unprecedented opportunities to capture structural variation and rare alleles associated with disease resistance [67]. These resources facilitate the discovery of novel resistance mechanisms beyond classical *R* genes.

The application of genome editing technologies, particularly CRISPR/Cas systems, is expected to accelerate the development of resistant cultivars by directly modifying susceptibility genes or

enhancing quantitative resistance pathways. This approach has already demonstrated potential in barley improvement, allowing targeted manipulation of genes involved in plant–pathogen interactions [68]. In parallel, GS combined with artificial intelligence-based models is anticipated to significantly increase selection accuracy and reduce breeding cycles, especially for complex traits controlled by multiple loci.

Another key perspective is the utilization of wild relatives and landraces as sources of novel resistance alleles. Studies have shown that a substantial proportion of heritage barley varieties exhibit enhanced resistance to *Fusarium*-associated traits compared with modern cultivars, reflecting the value of genetic diversity preserved in landraces [69]. However, this resistance is often associated with undesirable agronomic traits, including increased plant height and delayed maturity, indicating linkage between resistance loci and adaptive growth characteristics. Overcoming such trade-offs through pre-breeding and genomic introgression will be essential for broadening the genetic base of resistance.

Future strategies will also increasingly emphasize multi-trait and climate-resilient breeding, integrating resistance to both biotic and abiotic stresses. Climate change is expected to alter pathogen distribution and disease dynamics, requiring the development of cultivars with combined resistance and environmental adaptability. The integration of transcriptomics, phenomics, and high-throughput phenotyping platforms will further enhance the understanding of resistance mechanisms and their stability across environments.

In Kazakhstan, future perspectives are closely linked to the effective utilization of locally adapted germplasm and recently identified resistance loci. The discovery of numerous novel QTLs for NB, PM, and SR highlights the unique genetic resources available in the region. However, their practical application requires the establishment of integrated breeding pipelines combining GWAS, GS, and multi-environment validation. Strengthening collaboration between research institutes and breeding programs, along with improved pathogen monitoring systems, will be critical for translating genetic discoveries into resistant cultivars adapted to the highly variable continental climate.

Overall, the convergence of genomics, biotechnology, and data-driven breeding approaches provides a strong foundation for developing next-generation barley cultivars with durable, broad-spectrum disease resistance.

Conclusion

Breeding for genetic resistance remains the most sustainable and cost-effective strategy to mitigate the impact of major fungal diseases on barley production in Kazakhstan. Significant progress has been achieved through GWAS and molecular marker analyses, which have successfully identified both known and novel QTLs for resistance to net blotch, barley scald, powdery mildew, and stem rust under conditions of Kazakhstan. These findings confirm that global barley germplasm harbors valuable genetic diversity, including novel resistance loci that can enhance breeding programs. Nevertheless, several challenges remain, including the high evolutionary potential of pathogens, strong genotype $\times$ environment interactions, and the slow integration of modern genomic tools into practical breeding pipelines. The frequent “boom-and-bust” cycles associated with race-specific resistance genes further underscore the need for durable resistance strategies based on gene pyramiding and the accumulation of quantitative resistance loci. Looking forward, the effective deployment of advanced technologies such as genomic selection, pangenome resources, and CRISPR-based genome editing, combined with systematic pathogen monitoring and multi-environment phenotyping, offers promising avenues for accelerated breeding progress. Strengthening collaboration between research institutions and breeding centers will be essential to translate these genetic discoveries into high-yielding, multi-disease resistant barley cultivars adapted to the variable continental climate of Kazakhstan. Ultimately, the development of such resilient varieties will contribute substantially to the stability of barley production, livestock feed security, and agricultural sustainability in the region.

Author contribution

YG: conceptualization, literature search and analysis, data curation, writing – original draft, writing – review and editing, visualization, and preparation of tables and figures; YK: conceptualization, supervision, project administration, resources, validation, writing – review and editing, and funding acquisition.

Funding information

This research was supported by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan, Project No. AP23485118: Association mapping of resistance loci to net blotch and leaf scald of barley at seedling and adult plant growth stages (2024-2026).

References

- 1 Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2024). *Agricultural production statistics 2010–2023 (FAOSTAT Analytical Brief No. 96)*. Rome, Italy.
- 2 Lammas, M.E., Shitikova, A.V. (2024). Spring barley is a promising crop in agricultural production. In *BIO Web of Conferences*, 139, 01012. DOI: 10.1051/bioconf/202413901012.
- 3 Tricase, C., Amicarelli, V., Lamonaca, E., Rana, R.L. (2018). Economic analysis of the barley market and related uses. *Grasses as Food and Feed*, 10, 25–46. DOI: 10.5772/intechopen.78967.
- 4 Perera, W.N.U., Abdollahi, M.R., Zaefarian, F., Wester, T.J., Ravindran, V. (2022). Barley, an undervalued cereal for poultry diets: Limitations and opportunities. *Animals*, 12(19), 2525. DOI: 10.3390/ani12192525.
- 5 Global Market Insights. (2024). *Barley market size & share, global statistics report 2025–2034* <https://www.gminsights.com/industry-analysis/barley-market>
- 6 Bureau of National Statistics, Agency for Strategic Planning and Reforms of the Republic of Kazakhstan. (2025). <https://stat.gov.kz/en/>
- 7 Tomić, A., Trkulja, V., Matić, S., Trkulja, N., Iličić, R., Scortichini, M., Popović Milovanović, T. (2024). Net blotch (*Pyrenophora teres* Drechsler): An increasingly significant threat to barley production. *Plant Protection Science*, 60(1), 1–30. DOI: 10.17221/122/2023-PPS.
- 8 Walters, D.R., Avrova, A., Bingham, I.J., Burnett, F.J., Fountaine, J., Havis, N.D., Newton, A. C. (2012). Control of foliar diseases in barley: Towards an integrated approach. *European Journal of Plant Pathology*, 133(1), 33–73. DOI: 10.1007/s10658-012-9948-x.
- 9 Sultanova, N.Z., Uspanov, M., Bekezhanova, M., Sarsenbayeva, G.B., Rysbekova, A.M. (2021). Morphological signs of barley spot pathogens in the conditions of the Almaty region. *Online Journal of Biological Sciences*, 21(2), 223–231. DOI: 10.3844/ojbsci.2021.223.231.
- 10 Genievskaya, Y., Maulenbay, A., Zatybekov, A., Abugalieva, S., Turuspekov, Y. (2026). SSR-based analysis of genetic diversity and resistance to barley scald and net blotch in a collection of barley from Kazakhstan. *Genes*, 17(3), 261. DOI: 10.3390/genes17030261.
- 11 Rsaliev, A.S., Chudinov, V.A., Amirkhanova, N.T. (2016). Ustoichivost' selekcionnyh materialov yachmenya Karabalykskoi sel'skohozyaistvennoi opytnoi stancii k setchatoi pyatnistosti i muchnistoi rose. *Reports of the national academy of sciences*, 2224. [in Russ].
- 12 Rsaliev, A., Pahratdinova, Z., Rsaliev, S. (2017). Characterizing the pathotype structure of barley powdery mildew and effectiveness of resistance genes to this pathogen in Kazakhstan. *BMC Plant Biology*, 17(Suppl 1), 178. DOI: /10.1186/s12870-017-1098-4.
- 13 Genievskaya, Y., Zatybekov, A., Abugalieva, S., Turuspekov, Y. (2023). Identification of quantitative trait loci associated with powdery mildew resistance in spring barley under conditions of southeastern Kazakhstan. *Plants*, 12(12), 2375. DOI: 10.3390/plants12122375.
- 14 Genievskaya, Y., Maulenbay, A., Rsaliev, S., Abugalieva, S., Rsaliev, A., Zatybekov, A., Turuspekov, Y. (2025). Dissecting adult plant resistance to stem rust through multi-model GWAS in a diverse barley germplasm panel. *Frontiers in Plant Science*, 16, 1681398. DOI: 10.3389/fpls.2025.1681398.
- 15 Jørgensen, J.H., Wolfe, M. (1994). Genetics of powdery mildew resistance in barley. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 13(1), 97–119. DOI: 10.1080/07352689409701910.
- 16 Hoheneder, F., Biehl, E.M., Hofer, K., Petermeier, J., Groth, J., Herz, M., Hückelhoven, R. (2022). Host genotype and weather effects on Fusarium head blight severity and mycotoxin load in spring barley. *Toxins*, 14(2), 125. DOI: 10.3390/toxins14020125.
- 17 Corkley, I., Fraaije, B., Hawkins, N. (2022). Fungicide resistance management: Maximizing the effective life of plant protection products. *Plant Pathology*, 71(1), 150–169. DOI:10.1111/ppa.13467.

- 18 Sakr, N. (2022). Erosion of Quantitative Resistance in Wheat and Barley to Fusarium Head Blight: Gene Pyramiding Achieves and Durability Study. *The Open Agriculture Journal*, 17(1). DOI:10.2174/18743315-v16-e221117-2022-HT14-3623-3.
- 19 Kunze, K.H., Meints, B., Massman, C., Gutiérrez, L., Hayes, P.M., Smith, K.P., Sorrells, M.E. (2024). Genome-wide association of an organic naked barley diversity panel identified quantitative trait loci for disease resistance. *The Plant Genome*, 17(4), e20530. DOI:10.1002/tpg2.20530.
- 20 Turuspekov, Y., Ormanbekova, D., Rsaliev, A., Abugalieva, S. (2016). Genome-wide association study on stem rust resistance in Kazakh spring barley lines. *BMC Plant Biology*, 16(Suppl 1), 6. DOI:10.1186/s12870-015-0686-z.
- 21 Genievskaya, Y., Maulenbay, A., Zatybekov, A., Turuspekov, Y. (2026). Genome-wide association mapping and functional annotation of loci conferring resistance to *Pyrenophora teres* f. *teres* in barley. *Frontiers in Agronomy*.
- 22 Backes, A., Guerriero, G., Ait Barka, E., Jacquard, C. (2021). *Pyrenophora teres*: Taxonomy, morphology, interaction with barley, and mode of control. *Frontiers in Plant Science*, 12, 614951. DOI:10.3389/fpls.2021.614951.
- 23 Liu, Z., Ellwood, S.R., Oliver, R.P., Friesen, T.L. (2011). *Pyrenophora teres*: Profile of an increasingly damaging barley pathogen. *Molecular Plant Pathology*, 12(1), 1–19. DOI:10.1111/j.1364-3703.2010.00649.x.
- 24 Tekauz, A. (1985). A numerical scale to classify reactions of barley to *Pyrenophora teres*. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 7(2), 181–183. DOI: 10.1080/07060668509501499.
- 25 Peterson, R.F., Campbell, A.B., Hannah, A.E. (1948). A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals. *Canadian Journal of Research, Section C*, 26(5), 496–500. DOI: 10.1139/cjr48c-033.
- 26 Zhang, X., Ovenden, B., Milgate, A. (2020). Recent insights into barley and *Rhynchosporium commune* interactions. *Molecular Plant Pathology*, 21(8), 1111–1128. DOI:10.1111/mps.12945.
- 27 Avrova, A., Knogge, W. (2012). *Rhynchosporium commune*: A persistent threat to barley cultivation. *Molecular Plant Pathology*, 13(9), 986–997. DOI:10.1111/j.1364-3703.2012.00811.x.
- 28 Ababa, G., Kesho, A., Tadesse, Y., Amare, D. (2023). Reviews of taxonomy, epidemiology, and management practices of the barley scald (*Rhynchosporium graminicola*) disease. *Heliyon*, 9(3). DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e14315.
- 29 Zhunusova, A., Sarbaev, A. (2022). Arpa sort-ülgileriniñ negizgi sañyrauqūlaq aurularyna tözimdiligi. *Biosafety and biotechnology*, 10, 31–43. DOI:10.58318/2957-5702-2022-9-31-43. [in Kaz].
- 30 Lambertucci, S., Orman, K.M., Das Gupta, S., Fisher, J.P., Gazal, S., Williamson, R.J., Bindschedler, L.V. (2019). Analysis of barley leaf epidermis and extrahaustorial proteomes during powdery mildew infection reveals that the PR5 thaumatin-like protein TLP5 is required for susceptibility towards *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1138. DOI:10.3389/fpls.2019.01138.
- 31 Dreiseitl, A. (2020). Specific resistance of barley to powdery mildew, its use and beyond: A concise critical review. *Genes*, 11(9), 971. DOI:10.3390/genes11090971.
- 32 Chaure, P., Gurr, S.J., Spanu, P. (2000). Stable transformation of *Erysiphe graminis*, an obligate biotrophic pathogen of barley. *Nature Biotechnology*, 18(2), 205–207. DOI:10.1038/72666.
- 33 Balkema-Boomstra, A.G., Mastebroek, H.D. (1995). Effect of powdery mildew (*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*) on photosynthesis and grain yield of partially resistant genotypes of spring barley (*Hordeum vulgare* L.). *Plant Breeding*, 114(2), 126–130. DOI:10.1111/j.1439-0523.1995.tb00776.x.
- 34 Leonard, K.J., Szabo, L.J. (2005). Stem rust of small grains and grasses caused by *Puccinia graminis*. *Molecular Plant Pathology*, 6(2), 99–111.
- 35 McIntosh, R.A., Wellings, C.R., Park, R.F. (1995). *Wheat rusts: An atlas of resistance genes*. CSIRO Publishing.
- 36 Van Niekerk, B.D., Pretorius, Z.A., Boshoff, W.H.P. (2001). Potential yield losses caused by barley leaf rust and oat leaf and stem rust to South African barley and oat cultivars. *South African Journal of Plant and Soil*, 18(3), 108–113.
- 37 Stakman, E.C., Stewart, D.M., Loegering, W.Q. (1962). Identification of physiologic races of *Puccinia graminis* var. *tritici*. U.S. Department of Agriculture, ARS-E-617. 53 p.

- 38 Clare, S.J., Novakazi, F., Hayes, P.M., Moscou, M.J., Brueggeman, R.S. (2024). Colocalization of genetic regions that confer resistance/susceptibility against *Puccinia* species and association with *Pyrenophora teres* loci within the barley genome. *Frontiers in Agronomy*, 6, 1451281. DOI:10.3389/fagro.2024.1451281.
- 39 Adhikari, A., Steffenson, B.J., Smith, M.J., Dill-Macky, R. (2019). Genome-wide association mapping of seedling net form net blotch resistance in an Ethiopian and Eritrean barley collection. *Crop Science*, 59, 1625–1638. DOI:10.2135/cropsci2019.01.0003.
- 40 Muria-Gonzalez, M.J., Lawrence, J.A., Palmiero, E., D'Souza, N.K., Gupta, S., Ellwood, S.R. (2023). Major susceptibility gene epistasis over minor gene resistance to spot form net blotch in a commercial barley cultivar. *Phytopathology*, 113, 1058–1065. DOI:10.1094/PHYTO-10-22-0376-R.
- 41 Looseley, M.E., Griffe, L.L., Büttner, B., Wright, K.M., Middlefell-Williams, J., Bull, H., Avrova, A. (2018). Resistance to *Rhynchosporium commune* in a collection of European spring barley germplasm. *Theoretical and Applied Genetics*, 131(12), 2513–2528. DOI:10.1007/s00122-018-3168-5.
- 42 Backes, G., Madsen, L., Jaiser, H., Stougaard, J., Herz, M., Mohler, V., Jahoor, A. (2003). Localisation of genes for resistance against *Blumeria graminis* f. sp. *hordei* and *Puccinia graminis* in a cross between a barley cultivar and a wild barley (*Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum*) line. *Theoretical and Applied Genetics*, 106(2), 353–362. DOI:10.1007/s00122-002-1148-1.
- 43 Pogoda, M., Liu, F., Douchkov, D., Djamei, A., Reif, J.C., Schweizer, P., Schulthess, A.W. (2020). Identification of novel genetic factors underlying the host–pathogen interaction between barley (*Hordeum vulgare* L.) and powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*). *PLoS ONE*, 15(7), e0235565. DOI: 10.1371/journal.pone.0235565.
- 44 Mirlohi, A., Brueggeman, R., Drader, T., Nirmala, J., Steffenson, B.J., Kleinhofs, A. (2008). Allele sequencing of the barley stem rust resistance gene *Rpg1* identifies regions relevant to disease resistance. *Phytopathology*, 98, 910–918. DOI:10.1094/phyto-98-8-0910.
- 45 Chelkowski, J., Tyrka, M., Sobkiewicz, A. (2003). Resistance genes in barley (*Hordeum vulgare* L.) and their identification with molecular markers. *Journal of Applied Genetics*, 44(3), 291–310.
- 46 Brueggeman, R., Rostoks, N., Kudrna, D., Kilian, A., Han, F., Chen, J., Kleinhofs, A. (2002). The barley stem rust-resistance gene *Rpg1* is a novel disease-resistance gene with homology to receptor kinases. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(14), 9328–9333. DOI:10.1073/pnas.142284999.
- 47 Caldo, R.A., Nettleton, D., Wise, R.P. (2004). Interaction-dependent gene expression in Mla-specified response to barley powdery mildew. *The Plant Cell*, 16(9), 2514–2528. DOI:10.1105/tpc.104.023382.
- 48 Cieplak, M., Nucia, A., Ociepa, T., Okoń, S. (2022). Virulence structure and genetic diversity of *Blumeria graminis* f. sp. *avenae* from different regions of Europe. *Plants*, 11(10), 1358. DOI:10.3390/plants11101358.
- 49 Cao, Y., Si, B., Zhu, G., Xu, X., Li, W., Chen, S., Li, T. (2019). Race and virulence of asexual and sexual populations of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* in China from 2009 to 2015. *European Journal of Plant Pathology*, 153(2), 545–555. DOI:10.1007/s10658-018-1581-x.
- 50 Kolkman, J.M., Sepp, S.S., Kunze, K.H., Bergstrom, G.C., Sorrells, M.E. (2026). Genome-wide association analysis of resistance to scald in an adapted multiparent winter malting barley population. *bioRxiv*. DOI:10.1101/2026.03.
- 51 Sharma Poudel, R., Al-Hashel, A. F., Gross, T., Gross, P., Brueggeman, R. (2018). Pyramiding *rpg4*- and *Rpg1*-mediated stem rust resistance in barley requires the *Rrr1* gene for both to function. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1789. DOI:10.3389/fpls.2018.01789.
- 52 Lorenz, A.J., Smith, K.P., Jannink, J.L. (2012). Potential and optimization of genomic selection for *Fusarium* head blight resistance in six-row barley. *Crop Science*, 52(4), 1609–1621. DOI:10.2135/cropsci2011.09.0503.
- 53 Tiede, T., Smith, K.P. (2018). Evaluation and retrospective optimization of genomic selection for yield and disease resistance in spring barley. *Molecular Breeding*, 38(5), 55. DOI:10.1007/s11032-018-0820-3.
- 54 Hautsalo, J., Novakazi, F., Jalli, M., Göransson, M., Manninen, O., Isolahti, M., Bengtsson, T. (2021). Pyramiding of scald resistance genes in four spring barley MAGIC populations. *Theoretical and Applied Genetics*, 134(12), 3829–3843. DOI:10.1007/s00122-021-03930-y.

- 55 Singh, D., Dracatos, P.M., Loughman, R., Park, R.F. (2017). Genetic mapping of resistance to *Puccinia hordei* in three barley doubled-haploid populations. *Euphytica*, 213(1), 16. DOI:10.1007/s10681-016-1799-7.
- 56 Czembor, J.H., Czembor, E., Suchecki, R., Watson-Haigh, N.S. (2021). Genome-wide association study for powdery mildew and rusts adult plant resistance in European spring barley from Polish gene bank. *Agronomy*, 12(1), 7. DOI:10.3390/agronomy12010007
- 57 Shumenova, N. Z., Nauanova, A. P., Tyfekciuglu, A. (2023). Biotyñaitqyşardyñ soltüstik qazaqstan jaǵdaiynda jazdyq arpanyñ sañyrauqūlaq aurularynyñ taraluyna äseri. Herald of science of S. Seifullin Kazakh agrotechnical university: *Multidisciplinary*, 3(118), 28-36. DOI: 10.51452/kazatu.2023.3(118).1476. [in Kaz].
- 58 Kusch, S., Qian, J., Loos, A., Kümmel, F., Spanu, P.D., Panstruga, R. (2024). Long-term and rapid evolution in powdery mildew fungi. *Molecular Ecology*, 33(10), e16909. DOI:10.1111/mec.16909.
- 59 McDonald, B.A., Linde, C. (2002). Pathogen population genetics, evolutionary potential, and durable resistance. *Annual Review of Phytopathology*, 40(1), 349–379. DOI:10.1146/annurev.phyto.40.120501.101443.
- 60 Dreiseitl, A. (2025). Major genes for powdery mildew resistance in research and breeding of barley: A few brief narratives and recommendations. *Plants*, 14(14), 2091. DOI:10.3390/plants14142091.
- 61 Jørgensen, J.H., Wolfe, M. (1994). Genetics of powdery mildew resistance in barley. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 13(1), 97–119. DOI:10.1080/07352689409701910.
- 62 Ankamah-Yeboah, T., Janss, L.L., Jensen, J.D., Hjortshøj, R.L., Rasmussen, S.K. (2020). Genomic selection using pedigree and marker-by-environment interaction for barley seed quality traits from two commercial breeding programs. *Frontiers in Plant Science*, 11, 539. DOI:10.3389/fpls.2020.00539.
- 63 Muñoz-Amatriáin, M., Cuesta-Marcos, A., Hayes, P.M., Muehlbauer, G.J. (2014). Barley genetic variation: Implications for crop improvement. *Briefings in Functional Genomics*, 13(4), 341–350. DOI:10.1093/bfpg/elu006.
- 64 Hawkins, N.J., Fraaije, B.A. (2018). Fitness penalties in the evolution of fungicide resistance. *Annual Review of Phytopathology*, 56(1), 339–360. DOI:10.1146/annurev-phyto-080417-050012.
- 65 Xu, Y., Crouch, J.H. (2008). Marker-assisted selection in plant breeding: From publications to practice. *Crop Science*, 48(2), 391–407. DOI:10.2135/cropsci2007.04.0191.
- 66 Xu, Y. (2016). Envirotyping for deciphering environmental impacts on crop plants. *Theoretical and Applied Genetics*, 129(4), 653–673. DOI:10.1007/s00122-016-2691-5.
- 67 Jayakodi, M., Lu, Q., Pidon, H., Rabanus-Wallace, M.T., Bayer, M., Lux, T., et al. (2024). Structural variation in the pangenome of wild and domesticated barley. *Nature*, 636(8043), 654–662. DOI:10.1038/s41586-024-08187-1.
- 68 Jash, S., Chetri, A., Syed, R., Upadhyay, D.K., Mandal, S. (2026). CRISPR-Cas-based gene editing in barley for trait enhancement. In Gene editing in cereals: Approaches and applications. *Springer Nature Singapore*. 259–291. DOI:10.1007/978-981-95-6722-5_10.
- 69 Massman, J., Cooper, B., Horsley, R., Neate, S., Dill-Macky, R., Chao, S., Smith, K.P. (2011). Genome-wide association mapping of *Fusarium* head blight resistance in contemporary barley breeding germplasm. *Molecular Breeding*, 27(4), 439–454. DOI:10.1007/s11032-010-9442-0.

Генетическая устойчивость ячменя к основным грибным болезням в Казахстане: достижения, проблемы и перспективы селекции

Гениевская Ю.А., Турусбеков Е.К.

Аннотация

Предпосылки и цель. Ячмень (*Hordeum vulgare* L.) является одной из ключевых зерновых культур в Казахстане, занимая второе место после пшеницы и играя важную роль в животноводстве и продовольственной безопасности. Однако его продуктивность существенно ограничивается

грибными заболеваниями, включая сетчатую пятнистость, ринхоспориоз, мучнистую росу и стеблевую ржавчину, вызывающими потери урожая от 10 до 40%, а при эпифитотиях – до 100%. Цель обзора – обобщение современных данных о генетической основе устойчивости к этим болезням с акцентом на гены и локусы количественных признаков (ЛКП) и их использование в селекции Казахстана.

Материалы и методы. Обзор основан на анализе опубликованных данных и молекулярно-генетических исследований, включая полногеномный анализ ассоциаций (GWAS) и SSR-маркерный анализ коллекций генетически разнообразного ячменя. Особое внимание уделено исследованиям, проведённым в агроэкологических условиях Казахстана.

Результаты. Выявлено значительное число локусов устойчивости к основным болезням ячменя. В Казахстане с помощью GWAS идентифицировано 59 ЛКП для сетчатой пятнистости (25 новых), 7 ЛКП для мучнистой росы (5 новых) и 19 ЛКП для стеблевой ржавчины (13 новых), а также подтверждена роль известных генов устойчивости. Показано наличие как широко распространённых, так и регионально специфичных источников устойчивости. Подчёркнута важность сочетания *major genes* и количественной устойчивости, включая устойчивость взрослого растения (APR), для обеспечения её долговечности.

Заключение. Молекулярные подходы, такие как GWAS, маркер-ассоциированная и геномная селекция, значительно ускоряют селекцию ячменя на устойчивость к грибным болезням. Перспективными направлениями остаются пирамидирование генов, расширение генетического разнообразия исходного материала, а также внедрение пангеномики и геномного редактирования для создания устойчивых сортов, адаптированных к климату Казахстана.

Ключевые слова: сетчатая пятнистость; ринхоспориоз; мучнистая роса; стеблевая ржавчина; ЛКП.

Қазақстандағы арпаның негізгі саңырауқұлақ ауруларына генетикалық төзімділігі: жетістіктер, мәселелер және селекциялық перспективалар

Гениевская Ю.А., Турусбеков Е.К.

Түйін

Алғышарттар мен мақсат. Арпа (*Hordeum vulgare* L.) Қазақстандағы негізгі дәнді дақылдардың бірі болып табылады, бидайдан кейін екінші орын алады және мал шаруашылығы мен азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады. Алайда оның өнімділігі негізгі саңырауқұлақ ауруларымен, атап айтқанда торлы дақ, ринхоспориоз, ақ ұнтақ ауруы және сабақ таты ауруларымен айтарлықтай шектеледі. Бұл аурулар өнімділіктің 10–40% төмендеуіне, ал эпифитотия жағдайында 100%-ға дейін жоғалуына әкелуі мүмкін. Осы шолудың мақсаты – аталған ауруларға төзімділіктің генетикалық негіздері туралы заманауи мәліметтерді жинақтау, оның ішінде төзімділік гендері, сандық белгілер локустары (СБЛ) және оларды Қазақстан жағдайында селекцияда қолдану.

Материалдар мен әдістер. Шолу жарияланған ғылыми еңбектерді және заманауи молекулалық-генетикалық зерттеулерді талдауға негізделген, соның ішінде толықгеномдық ассоциациялық зерттеулер (GWAS) және SSR-маркерлерді талдау, әлемдік және жергілікті бейімделген арпа генқорында жүргізілген. Ерекше назар Қазақстанның агроэкологиялық жағдайларында орындалған зерттеулерге аударылды, олар негізгі фитопатогендерге төзімділікті бағалауға және сәйкес генетикалық локустарды анықтауға бағытталған.

Нәтижелер. Соңғы зерттеулер арпаның негізгі ауруларына төзімділікпен байланысты көптеген генетикалық локустарды анықтады. Қазақстанда жүргізілген GWAS нәтижесінде торлы даққа қатысты 59 СБЛ (оның ішінде 25 жаңа), ақ ұнтақ ауруы 7 СБЛ (5 жаңа) және сабақ татына 19 СБЛ (13 жаңа) анықталды, сондай-ақ белгілі төзімділік гендерінің бірқатары расталды. Бұл нәтижелер жергілікті генқорда жаһандық деңгейде белгілі және аймаққа тән төзімділік көздерінің бар екенін көрсетеді. Сонымен қатар, төзімділіктің тұрақтылығын арттыру үшін негізгі гендерді

сандық локустармен, оның ішінде ересек өсімдік кезеңіндегі төзімділікпен (APR), біріктірудің маңыздылығы дәлелденді.

Қорытынды. GWAS, маркерге негізделген селекция (MAS) және геномдық селекция (GS) сияқты молекулалық әдістерді қолдану арпаның ауруларға төзімділігін арттыру селекциясын жеделдетуге мүмкіндік береді. Дегенмен, патогендердің жоғары өзгергіштігі, генотип × орта өзара әрекеттесуі және геномдық технологиялардың селекцияға жеткіліксіз енгізілуі сияқты мәселелер сақталуда. Болашақта гендерді пирамидалау, генетикалық әртүрлі генқорды пайдалану, сондай-ақ пангеномика және геномды редакциялау сияқты озық технологияларды енгізу арқылы Қазақстанның континенттік климатына бейімделген, бірнеше ауруға төзімді арпа сорттарын шығару маңызды болып табылады.

Кілт сөздер: торлы дақ; ринхоспориоз; ақ ұнтақ ауруы; сабақ таты; СБЛ.

How to cite: Turbekova, A.S., Kozhakhmetova, F.M., Halil Demir, Akzhunis, R.A. (2026). Beyond the yield: light spectrum as a driver of phenotypic reorganization in greenhouse tomato production. *Eurasian Agrotechnical Journal*, 2(130), 46-55. DOI: [https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2\(130\).2195](https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2(130).2195).

UDC 635.64:631.544:628.9

Research article

Beyond the yield: light spectrum as a driver of phenotypic reorganization in greenhouse tomato production

Arysgul S. Turbekova¹ , Farida M. Kozhakhmetova¹ , Halil Demir² , Renata A. Akzhunis¹ 

¹S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan

²Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Akdeniz, Antalya, Turkey

Corresponding author: Renata A. Akzhunis: renata.akzhunusova@mail.ru

Co-authors: (1: AT) arysgul.turbekova.67@mail.ru; (2: FK) farida_98@mail.ru

(3: HD) hdemir@akdeniz.edu.tr; (4: RA) renata.akzhunusova@mail.ru

Received: 8 April 2026 **Accepted:** 8 June 2026 **Published:** 30 June 2026

Copyright: Turbekova A.S. et al. This article is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Abstract

Background and Aim. Supplemental lighting is an essential factor influencing crop's productivity under greenhouse conditions. It plays a significant role not only in the yield enhancement but also for the biochemical and phenotypic reorganization of plants.

Materials and Methods. In this study, we evaluated the effect of LED lighting on the tomato plants grown under greenhouse conditions. A multivariate analysis approach was applied to assess how different light spectra reorganize tomato growth, yield, and biochemical quality.

Results. Distinct phenotypic strategies were observed. A red-dominant LED-spectrum demonstrated a stronger effect on fruit yield, increased leaf area, reduced fruit nitrate content, and enhanced nitrogen assimilation. In contrast, a balanced LED-spectrum increased fruit titratable acidity and pigment content.

Conclusion. A strong positive correlation was observed between canopy architecture, yield, pigment content, and nitrogen assimilation. The findings highlight the important role of supplemental lighting in goal-oriented tomato production under greenhouse conditions.

Keywords: LED supplemental lighting; spectral composition; tomato (*Solanum lycopersicum* L.); photosystem II efficiency; nitrate accumulation; phenotypic reprogramming.

Introduction

Supplemental lighting is an important factor influencing crop's productivity in the greenhouse conditions. The role of the supplemental lighting is important not only for the yield enhancement but also for the biochemical and phenotypic reorganization of plants [1, 2, 3]. In Northern Kazakhstan, daily light intensity often falls below $15 \text{ mol m}^{-2} \text{ d}^{-1}$; thus supplementary lighting is necessary for sustainable crop production. In the past, high-pressure sodium (HPS) lamps were predominantly used due to their high radiant output and operational robustness [4, 5]. However, HPS systems are considered inefficient in large-scale production due to declining photon efficacy and substantial radiant heat output [6, 7]. The transition toward light-emitting diode (LED) technology has therefore been driven in the last decades [8, 9]. Plant responses to LED lighting are strongly dependent on spectral quality [10, 11]. In tomato, red and blue wavelengths regulate photomorphogenesis through phytochrome and cryptochrome-mediated pathways, affecting growth and photosynthetic capacity [12-16]. Recent studies demonstrate that intra-canopy and spectrally optimized LED systems can outperform conventional top-lighting approaches in enhancing yield and light-use efficiency [17, 18, 19].

Adjustments in chlorophyll antenna organization and the chlorophyll a/b ratio are strongly affected by the light spectral quality [20, 21]. In particular, light spectrum affects carotenoid content which

functions in plants as antioxidants and redox modulators, integrating photoprotection and metabolic signaling [22]. Spectral conditions can shift the balance between growth, yield and plant defense, affecting whole-plant metabolic allocation patterns [23, 24]. Additionally, light spectrum can serve as a regulator of nitrogen metabolism by affecting carbon availability, cytosolic redox status, and nitrate reductase activity [25, 26]. Recent studies demonstrate that red–blue spectral combinations reduce fruit nitrate concentration in hydroponically grown tomatoes [27–29]. However, whether commercially differentiated LED spectra simultaneously optimize productivity and nitrogen-use efficiency remains insufficiently explored [30, 31]. Additionally, few studies integrate a broad set of traits to understand the effect of spectral composition on general phenotypic strategies rather than focusing on individual trait responses [32–34]. The present study addresses these gaps by combining precise spectral characterization of two commercially relevant LED systems with comprehensive phenotypic profiling of greenhouse-grown tomatoes under Northern Kazakhstan conditions.

Materials and Methods

Plant Material and Cultivation Practices

The experiment was conducted during the winter–spring growing season (November 2024–March 2025) in a modern multi-span polycarbonate greenhouse located in Northern Kazakhstan (51°N) [35, 36]. Day/night air temperatures were maintained at 24 ± 2 °C and 18 ± 2 °C, respectively and relative humidity was maintained at 60–70%. Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants of the indeterminate hybrid ‘Forticia F1’ were grown in a hydroponic system using mineral wool slabs (100×20×7.5 cm) according to standard commercial practices [37]. Seedlings were transplanted at the 3–4 true leaf stage (35 days after sowing). Plant density was 2.5 plants m⁻². Nutrition was supplied via drip irrigation using a modified Hoagland nutrient solution. Electrical conductivity (EC) was maintained between 2.5–3.0 dS m⁻¹ depending on solar irradiance, and pH was maintained at 5.8 ± 0.2 . All agronomic practices, including irrigation regime, pruning, and integrated pest management, were standardized across treatments to isolate the effects of spectral composition.

Lighting Treatments and Experimental Design

The experiment followed a randomized complete block design (RCBD) with three lighting treatments and five blocks per treatment (n = 15 biological replicates per treatment). Three supplemental lighting regimes were evaluated:

- HPS (Control): High-pressure sodium lamps (Son-T Agro, Philips), emitting a broad spectrum with a dominant yellow–orange region.
- KSDO1 (Balanced LED): Custom LED system (Led System Media, Kazakhstan) with a balanced blue:red ratio (peaks at 450 nm and 660 nm), including green and far-red components.
- KSDO2 (Productivity LED): Custom LED system with a red-dominant spectrum optimized for photon efficacy and biomass production (table 1).

Table 1. Spectral characteristics of supplemental lighting treatments used for greenhouse tomato cultivation

Lighting treatment	Spectral description	Main spectral peaks / regions	Blue–violet photon share, 380–499 nm (%)	Green photon share, 500–599 nm (%)	Red photon share, 600–699 nm (%)	Far-red photon share, 700–780 nm (%)	Red:blue photon ratio
HPS control	Broad yellow–orange spectrum with narrow emission peaks	~450 and ~590 nm	11.2	45.1	36.9	6.9	3.3

Continuation of Table 1

KSDO1	Broad balanced LED spectrum including blue, green, red, and far-red regions	Broad maximum at ~460–520 nm; extended red/far-red tail	25.6	28.6	26.5	19.2	1.0
KSDO2	Red-enriched LED spectrum with a distinct blue peak and broad red/orange region	~450 nm and ~600 nm	15.6	38.9	40.3	5.2	2.6

All lighting systems provided a canopy-level PPFD of $200 \pm 10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, measured using a quantum sensor (LI-190R, LI-COR Biosciences, USA). The photoperiod was 17 h (06:00–23:00), resulting in a supplemental DLI of approximately $12.2 \text{ mol m}^{-2} \text{d}^{-1}$. Light intensity and spectral distribution were verified using a calibrated spectroradiometer.

Phenotypic Measurements

Plant height, internode length, and stem diameter were measured biweekly. Stem diameter was recorded at a fixed internode using a digital caliper. Leaf area was determined destructively at flowering using a leaf area meter (LI-3100C, LI-COR Biosciences, USA) on three representative leaves per plant [20].

Maximum quantum yield of photosystem II (Fv/Fm) was measured on the third fully expanded leaf using a pulse-amplitude modulated fluorometer (Mini-PAM-II, Walz GmbH, Germany). Prior to measurement, leaves were dark-adapted for 30 min to ensure full relaxation of reaction centers [38, 39].

Leaf samples were immediately frozen in liquid nitrogen and stored at -80°C . Chlorophyll a, chlorophyll b, and total carotenoids were extracted in 95% ethanol in the dark at 4°C for 24 h. Absorbance was measured at 470, 649, and 665 nm using a UV–Vis spectrophotometer (Shimadzu UV-1800, Japan). Pigment concentrations were calculated according to *Lichtenthaler* and *Buschmann* (2001) [40] and *Wellburn* (1994) [41]. The chlorophyll a/b ratio was used as an indicator of light-harvesting antenna organization [19].

Harvesting was conducted twice weekly at the red-ripe stage. Total yield was calculated as cumulative fresh weight of marketable fruits per plant. For biochemical analyses, five representative fruits per replicate were homogenized to obtain composite samples.

- Nitrate concentration was determined using the salicylic acid colorimetric method [40], with absorbance measured at 410 nm [27, 28].

- Total soluble solids (TSS) were measured using a digital refractometer (Atago PAL-1, Japan) and expressed in $^{\circ}\text{Brix}$.

- Titratable acidity (TA) was determined by titration with 0.1 N NaOH to pH 8.1 and expressed as % citric acid.

- Vitamin C content was quantified using the 2,6-dichlorophenolindophenol (DCPIP) titration method [41].

Statistical Analysis

Data normality and homogeneity of variance were assessed using Shapiro–Wilk and Levene’s tests, respectively. Differences among treatments were evaluated by one-way ANOVA followed by Tukey’s HSD test at $p \leq 0.05$. For trait integration, data were $\log_{10}(x + 1)$ -transformed and Z-score standardized. Pearson correlation matrices, hierarchical clustering (Euclidean distance, Ward’s linkage), and radar plots were generated in Python using Matplotlib and NumPy. This approach enabled the identification of coordinated phenotypic responses across lighting treatments.

Results

Effects of lighting regimes on plant canopy architecture

Both LED treatments (KSDO1 and KSDO2) increased assimilative surface area compared with the HPS control. Leaf area was increased by 7% under KSDO1 and 9% under KSDO2 ($p < 0.001$), with no significant difference between the two LED spectra. Internode length decreased by 5% in both KSDO1 and KSDO2 relative to HPS ($p < 0.01$), resulting in a more compact canopy structure. Stem diameter showed significant increase under both LED treatments ($p < 0.05$). Total fruit yield increased by 76.9 and 88.5% under KSDO1 and KSDO2, respectively, compared to control.

Interestingly, fruit quality traits responded differentially to spectral treatments. Titratable acidity and dry mass of fruit were significantly increased under KSDO1 as compared with the control ($p < 0.05$). A pronounced effect was observed for fruit nitrate concentration in KSDO2 with reduced nitrate levels by 26.7% as compared to control ($p < 0.001$) (Figure 1).

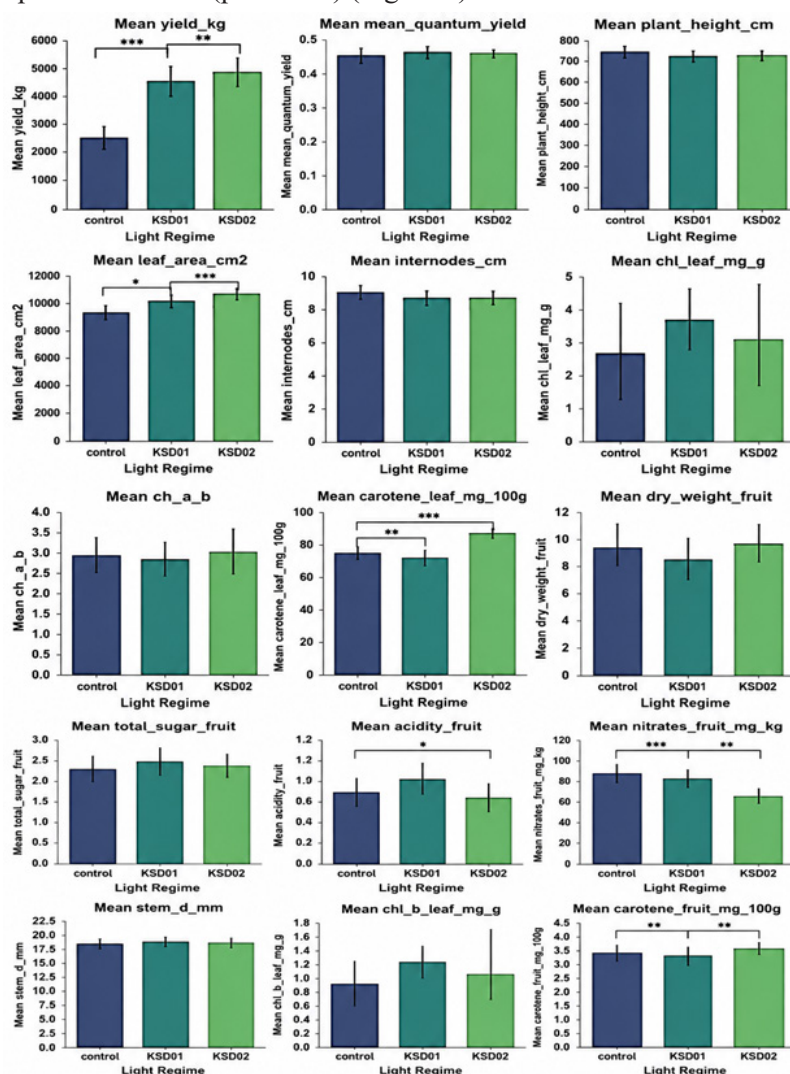


Figure 1. Effects of different lighting regimes on phenotypic parameters of greenhouse-grown tomato (*Solanum lycopersicum* L.), including total fruit yield, plant height, internode length, stem diameter, leaf area, maximum quantum yield of photosystem II (Fv/Fm), pigment composition, and fruit biochemical quality. HPS, high-pressure sodium lighting control; KSDO1, balanced LED spectrum; KSDO2, red-dominant productivity LED spectrum; LED, light-emitting diode; PSII, photosystem II; Fv/Fm, maximum quantum yield of photosystem II; chl a, chlorophyll a; chl b, chlorophyll b; chl a/b, chlorophyll a-to-b ratio; carotene, total carotenoids; SE, standard error. Data are presented as means $\pm$ SE ($n = 15$). Different lowercase letters indicate significant differences among treatments according to Tukey's HSD test at $p \leq 0.05$. Where asterisks are shown, *, **, and *** indicate significance at $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$, and $p \leq 0.001$, respectively

Integrated phenotypic patterns revealed by phenotypic profiling

The spider plot summarizes scaled average values of growth, photosynthetic, and fruit quality traits, providing an integrative comparison of phenotypic profiles induced by the three lighting regimes (Figure 2). The control treatment displays a generally reduced phenotypic envelope, with lower values for most growth- and yield-related traits, confirming its baseline status. In contrast, both LED treatments exhibit expanded profiles on fruit yield, leaf area and chlorophyll contents, indicating broad stimulation of plant performance. Along with this, KSDO2 demonstrated the strongest enhancement of leaf carotenoids and fruit vitamin C, while KSDO1 displayed greater fruit sugar content and greater stem diameter forming the most pronounced peaks for these traits. Overall, the spider plot demonstrates that LED lighting does not induce a uniform enhancement of all traits but rather reorganizes the phenotypic balance of tomato plants.

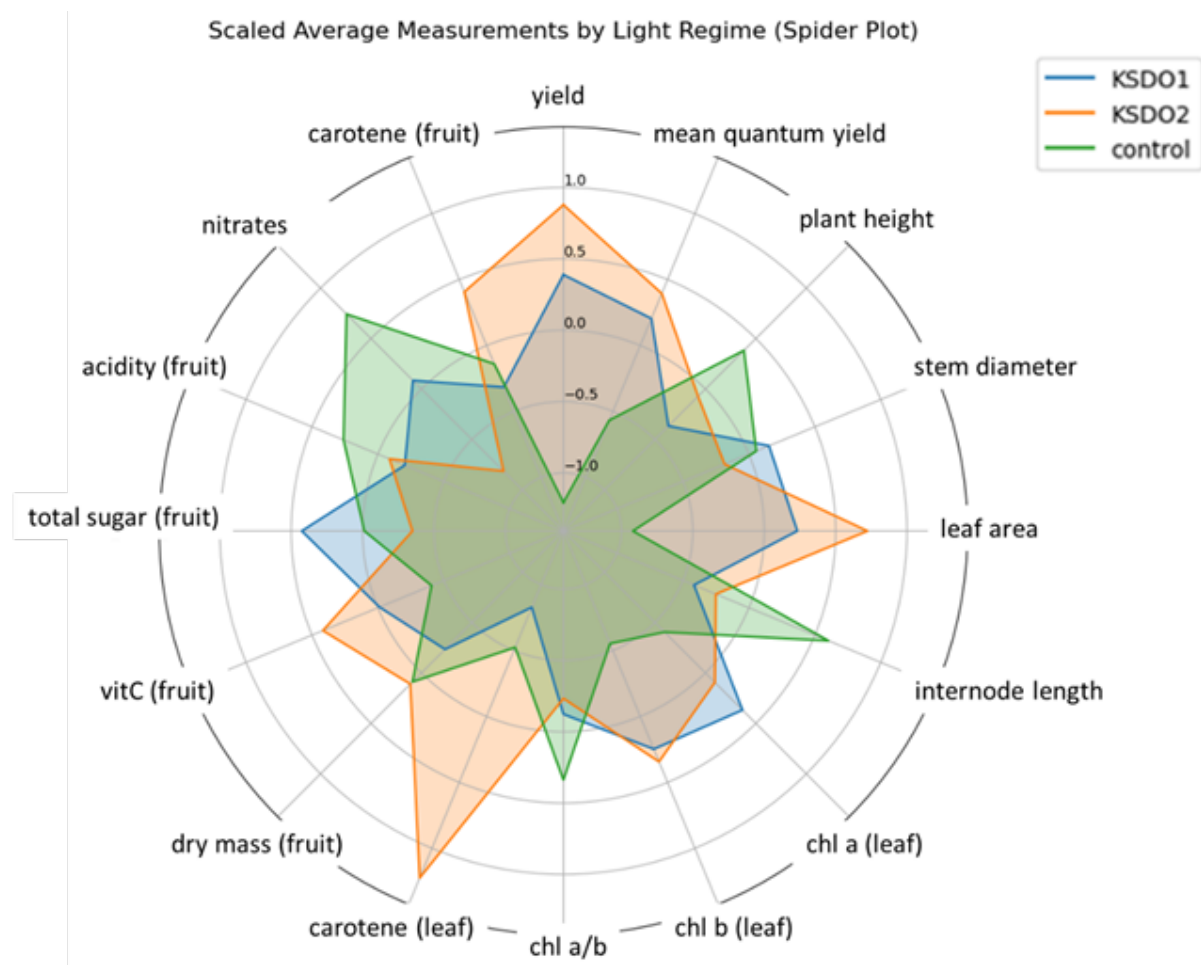


Figure 2. Spider/radar plot showing scaled mean values of log-transformed phenotypic traits for tomato plants grown under three lighting regimes. HPS, high-pressure sodium lighting control;

KSDO1, balanced LED spectrum; KSDO2, red-dominant productivity LED spectrum; chl a, chlorophyll a; chl b, chlorophyll b; chl a/b, chlorophyll a-to-b ratio; carotene, total carotenoids; vit C, vitamin C content. Trait values were $\log_{10}(\times + 1)$ -transformed and Z-score standardized before plotting. Larger polygon areas indicate higher overall relative phenotypic expression across the measured traits

Correlation structure of growth, photosynthetic and fruit quality traits

The clustered heatmap reveals a highly structured correlation network among growth, photosynthetic, pigment, yield, and fruit quality traits, indicating coordinated physiological regulation rather than independent trait responses (Figure 3). Hierarchical clustering separates the traits into several well-defined functional groups. Yield is strongly positively correlated with leaf area ($r \approx 0.70$) and moderately

correlated with mean quantum yield, confirming that canopy development and photosynthetic performance jointly contribute to productivity. Leaf carotenoids show moderate positive correlations with yield and leaf area, but a strong negative correlation with fruit nitrate concentration ($r \approx -0.77$). Fruit carotenoids cluster separately from leaf carotenoids, displaying weaker correlations with growth traits but a stronger association with fruit biochemical parameters, indicating organ-specific regulation of secondary metabolism. Fruit nitrate concentration is negatively correlated with yield, leaf area, and mean quantum yield, highlighting a trade-off between nitrogen accumulation and productivity. In contrast, fruit acidity shows weaker correlations with growth traits and clusters closer to stem diameter and structural parameters, suggesting partial independence from primary growth processes.

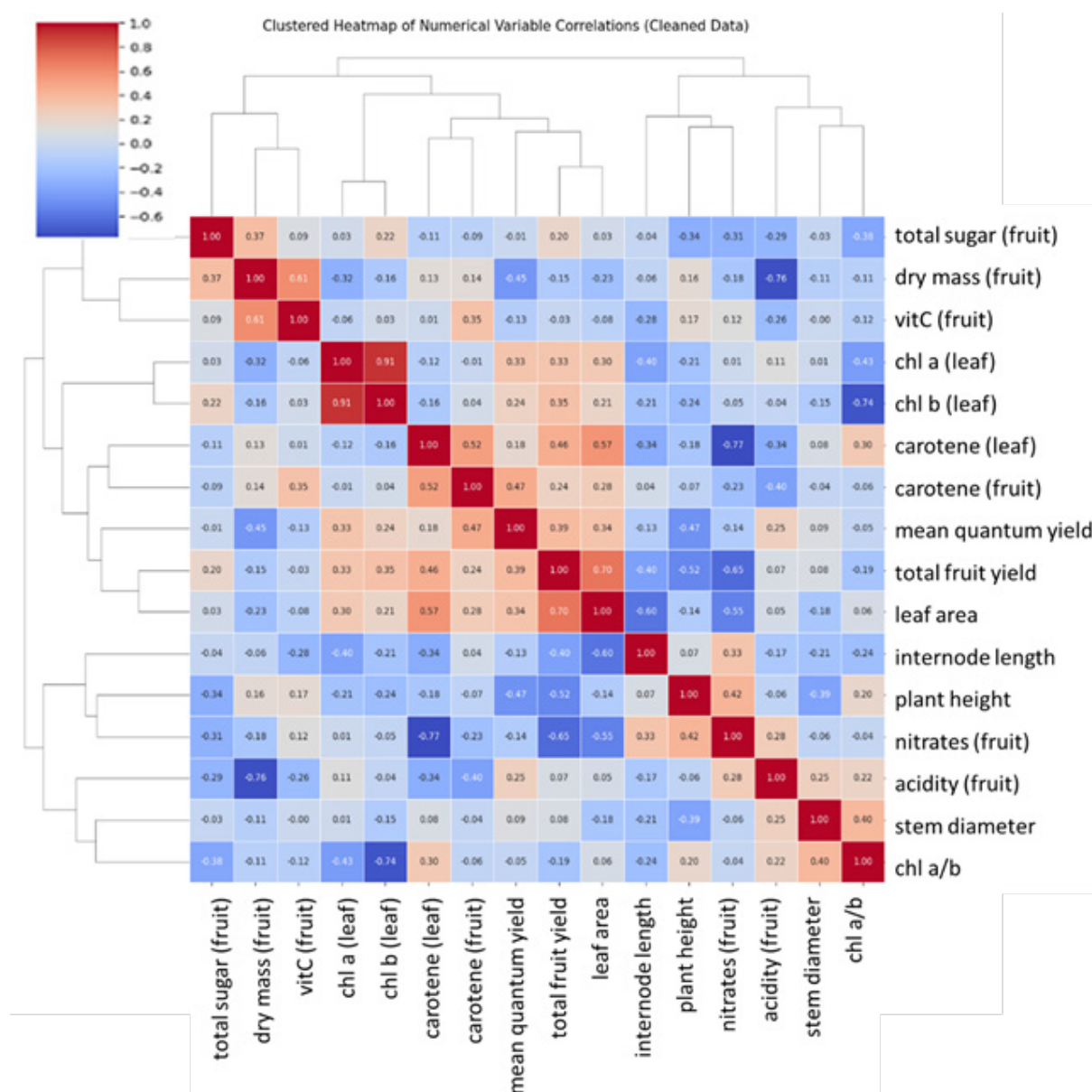


Figure 3. Pearson correlation matrix showing relationships among growth parameters, photosynthetic efficiency, pigment composition, yield, and fruit quality traits across all lighting treatments.

Hierarchical clustering was performed using Euclidean distance and Ward's linkage. HPS, high-pressure sodium lighting control; KSDO1, balanced LED spectrum; KSDO2, red-dominant productivity LED spectrum; chl a, chlorophyll a; chl b, chlorophyll b; chl a/b, chlorophyll a-to-b ratio; carotene, total carotenoids; vitC, vitamin C content; nitrates, fruit nitrate concentration. Colors indicate

Pearson correlation coefficients, with positive correlations shown in red and negative correlations shown in blue. Statistical significance is indicated as follows: *, $p \leq 0.05$; **, $p \leq 0.01$; ***, $p \leq 0.001$, where applicable

Discussion

This study demonstrates that supplemental LED lighting reshapes the integrated phenotypic organization of greenhouse-grown tomato in a spectrum-dependent manner, even under identical photon flux density (PPFD). Light spectrum regulates plant architecture through the antagonistic interaction of phytochrome- and cryptochrome-mediated signaling pathways [14]. In this study, both LED treatments reduced internode length (~5%) and increased leaf area relative to HPS which is consistent with previous reports [12].

Pigment metabolism emerged as a primary target of spectral programming. Leaf carotenoid concentration increased significantly (16%) under the red-dominant KSDO2 regime. This response can be mechanistically explained by recent transcriptomic advances. Zhang et al. (2025) [41] recently identified that light quality regulates the tomato metabolome via SIDML2-mediated DNA demethylation. Specifically, the transcription factor SIHY5 (Elongated Hypocotyl 5), a central hub of light signaling, directly activates SIDML2, which in turn demethylates and upregulates genes involved in carotenoid biosynthesis. Our observation of divergent carotenoid accumulation between KSDO1 and KSDO2 parallels the findings of Ziaei et al. (2024) [17], who reported that specific LED spectra dramatically upregulated the Lycopene β -cyclase (LCY-B) gene. Our results suggest that under a balanced spectrum, resources were allocated more evenly between vegetative maintenance and secondary metabolism, whereas the yield-focused KSDO2 spectrum drove a metabolic shift toward accumulation, potentially mediated by epigenetic reprogramming as proposed in previous studies [23, 41].

A standout finding of this study is the 26.7% reduction in fruit nitrate concentration under KSDO2. Nitrogen assimilation is energetically costly and tightly coupled to photosynthetic electron transport. Guan et al. (2025) [27] recently elucidated the mechanism, showing that red light stimulates Nitrate Reductase (NR) activity more effectively than other wavelengths by modulating the cytosolic redox state (NADH availability) and inducing NR gene expression via phytochrome signaling. The red-dominant KSDO2 spectrum likely maximized the flow of electrons to ferredoxin and NADH, accelerating the reduction of nitrate (NO_3^-) to ammonium (NH_4^-) and its subsequent incorporation into amino acids. This explains the "low nitrate/high yield" phenotype. In contrast, the HPS control, with its lower photon efficacy in the red region, failed to drive NR activity to the same extent, leading to nitrate pooling in the vacuoles. This spectral regulation of nitrogen metabolism offers a practical tool for precision agriculture: growers can deploy red-rich spectra (like KSDO2) specifically to meet strict low-nitrate thresholds in fresh produce, a strategy supported by the broader findings of Ali et al. (2024) and Wang et al. (2022) [28, 29].

To summarize, our results demonstrate that different light spectra can be efficiently used for directed reprogramming of tomato growth, yield and fruit quality in greenhouse conditions. The results will be useful for commercial tomato production.

Authors' Contributions

AT: developed the concept, wrote the main part of the article, and supervised and approved the work; FK: collected and analyzed literature data and prepared the materials and methods sections; HD: explained the results and made scientific conclusions; RA: provided methodological support and carried out scientific editing work.

All authors read, reviewed, and approved the final version of the article.

Acknowledgment

This research was funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan in 2024–2026 (Grant No. AP23488411).

References

1 Dueck, T., Janse, J., Eveleens, B., Kempkes, F., Marcelis, L.F.M. (2012). Growth of tomatoes under hybrid LED and HPS lighting in commercial greenhouse. *Acta Hort.*, 952, 335–342. DOI: 10.17660/ActaHortic.2012.952.42.

- 2 Trouwborst, G., Oosterkamp, J., Hogewoning, S.W., Harbinson, J., van Ieperen, W. (2010). The responses of light interception, photosynthesis and fruit yield of cucumber to LED lighting within the canopy. *Physiol. Plant.*, 138, 289–300. DOI: 10.1111/j.1399-3054.2009.01333.x.
- 3 Wei, H., Hu, J., Liu, C., Wang, M., Zhao, J., Kang, D.I., Jeong, B.R. (2018). Effect of supplementary light source on grafted tomato seedlings. *Agronomy*, 8, 207. DOI: 10.3390/agronomy8100207.
- 4 Marcelis, L.F.M., Broekhuijsen, A.G.M., Nijs, E.M.F.M., Raaphorst, M.G.M. (2006). Quantification of the growth response to light quantity of greenhouse-grown crops. *Acta Hort.*, 711, 97–104. DOI: 10.17660/ActaHortic.2006.711.9.
- 5 Mitchell, C.A., Dzakovich, M.P., Gómez, C. (2015). Light-emitting diodes in horticulture. In *Horticultural Reviews*, Janick, J., Ed., Wiley: Hoboken, NJ, USA, Vol. 43, pp. 1–87. DOI: 10.1002/9781119107781.ch01.
- 6 Nelson, J.A., Bugbee, B. (2014). Economic analysis of greenhouse lighting: LEDs vs. HID fixtures. *PLoS ONE*, 9, e99010. DOI: 10.1371/journal.pone.0099010.
- 7 Gómez, C., et al. (2024). Energy efficiency and spectral efficacy of LED vs. HPS lighting in modern greenhouse systems: A life cycle assessment. *J. Clean. Prod.*, 434, 140212.
- 8 Bugbee, B. (2016). Toward an optimal spectral quality for plant growth and development: The importance of radiation capture. *Acta Hort.*, 1134, 1–12. DOI: 10.17660/ActaHortic.2016.1134.1.
- 9 Kusuma, P., Pattison, P.M., Bugbee, B. (2020). From physics to fixtures to food: Current and potential LED efficacy. *Hortic. Res.*, 7, 56. DOI: 10.1038/s41438-020-0283-7.
- 10 Ouzounis, T., Razi Parjikolaei, B., Fretté, X., Rosenqvist, E., Ottosen, C.O. (2015). Predawn and high-intensity blue light effects on PSII and phenolics in lettuce. *Front. Plant Sci.*, 6, 19. DOI: 10.3389/fpls.2015.00019.
- 11 Kalaitzoglou, P., van Ieperen, W., Harbinson, J., van der Meer, M., Martinakos, S., Weerheim, K., Nicole, C.C.S., Marcelis, L.F.M. (2019). Effects of continuous or end-of-day far-red light on tomato plant growth and fruit production. *Front. Plant Sci.*, 10, 322. DOI: 10.3389/fpls.2019.00322.
- 12 Izzo, L.G., Mele, B.H., Vitale, L., Vitale, E., Arena, C. (2020). The role of monochromatic red and blue light in tomato early photomorphogenesis and photosynthetic traits. *Environ. Exp. Bot.*, 179, 104148. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2020.104148.
- 13 Li, Y., Zheng, Y., Zheng, D., Zhang, Y., Song, S., Su, W., Liu, H. (2020). Effects of supplementary blue and UV-A LED lights on morphology and phytochemicals of Brassicaceae baby leaves. *Molecules*, 25, 5678. DOI: 10.3390/molecules25235678.
- 14 Katzin, D., et al. (2024). Spectral manipulation of stomatal conductance and canopy transpiration in greenhouse tomato under LED lighting. *Environ. Exp. Bot.*, 218, 105678.
- 15 Zhen, S., Bugbee, B. (2020). Substituting far-red photons redefines PAR. *Front. Plant Sci.*, 11, 581156. DOI: 10.3389/fpls.2020.581156.
- 16 Spanomanolis, N., et al. (2025). Dose-response of tomato fruit yield to far-red fraction in supplemental LED lighting. *Front. Plant Sci.*, 16, 1618171.
- 17 Ziaei, N., Talebi, M., Sayed Tabatabaei, B.E., Sabzalian, M.R., Soleimani, M. (2024). Intra-canopy LED lighting improves tomato yield. *Sci. Rep.*, 14, 19043. DOI: 10.1038/s41598-024-69210-z.
- 18 Webb, S.M., et al. (2024). Light spectral quality and intensity effects on canopy architecture and light interception in greenhouse crops. *J. Exp. Bot.*, 75, 3456–3468.
- 19 Havaux, M. (2014). Carotenoid oxidation products as stress signals in plants. *Plant J.*, 79, 597–606. DOI: 10.1111/tpj.12386.
- 20 Hernández, R., Kubota, C. (2016). Physiological responses of cucumber seedlings under different blue and red photon flux ratios using LEDs. *Environ. Exp. Bot.*, 121, 66–74. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2015.04.001.
- 21 Demmig-Adams, B., Stewart, J.J., López-Pozo, M., Adams, W.W. (2020). Zeaxanthin, a molecule for photoprotection in many different environments. *Molecules*, 25, 5825. DOI: 10.3390/molecules25245825.
- 22 Hashimoto, H., Urugami, C., Yukihiro, N., Gardiner, A.T., Cogdell, R.J. (2018). Understanding/unravelling carotenoid excited singlet states. *J. R. Soc. Interface*, 15, 20180026. DOI: 10.1098/rsif.2018.0026.

- 23 Zrimec, J., et al. (2025). Evaluating plant growth–defense trade-offs by modeling the metabolome of tomato under different light spectra. *Plant Physiol.*, 197, 112–128.
- 24 Zhao, J., et al. (2025). Light quality regulates plant biomass and fruit quality through photosystem stoichiometry and antioxidant metabolism in *Solanum lycopersicum*. *Plant Physiol. Biochem.*, 206, 108234.
- 25 Bloom, A.J. (2015). The increasing importance of distinguishing among plant nitrogen sources. *Curr. Opin. Plant Biol.*, 25, 10–16. DOI: 10.1016/j.pbi.2015.03.002
- 26 Viršilė, A., Brazaitytė, A., Duchovskis, P., Samuolienė, G., Jankauskienė, J. et al. (2018). The effect of blue light on nitrate assimilation in tomato fruit. *Food Chem.*, 239, 117–124. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.06.102.
- 27 Guan, C., Zhang, D., Chu, C. (2025). Interplay of light and nitrogen for plant growth. *Crop J.*, 13, 641–655. DOI: 10.1016/j.cj.2025.01.005.
- 28 Wang, S., Jin, N., Jin, L., et al. (2022). Response of tomato fruit quality to LED supplementary light. *Front. Nutr.*, 9, 833723. DOI: 10.3389/fnut.2022.833723.
- 29 Ali, A., et al. (2024). Quality and physiological evaluation of tomato subjected to supplemental LED and infrared lighting. *Sci. Hortic.*, 323, 112543.
- 30 Kaiser, E., Weerheim, K., Schipper, R., Dieleman, J.A. (2019). Partial replacement of red and blue by green light increases biomass and yield in tomato. *Sci. Hortic.*, 249, 271–279. DOI: 10.1016/j.scienta.2019.02.005.
- 31 Körner, O., van't Ooster, A., Hulsbos, M. (2007). Design and performance of a measuring system for CO₂ exchange of a greenhouse crop at different light levels. *Biosyst. Eng.*, 97, 219–228. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2007.02.018.
- 32 Van der Heijden, G.W.A.M., et al. (2012). Methods for hierarchical clustering and multivariate ecological analysis. *Ecol. Lett.*, 15, 123–135.
- 33 Heuvelink, E., et al. (2025). Tomato in the spotlight: Light regulation of whole-plant physiological processes. *J. Exp. Bot.*, 76, 6289–6305.
- 34 Wang, L., et al. (2025). Light regulates tomato fruit metabolome via SIDML2-mediated DNA demethylation. *New Phytol.*, 245, 678–693.
- 35 Meiramkulova, K., Tanybayeva, Z., Kydyrbekova, A., Turbekova, A., Ayt Khozhin, S., Zhantasov, S., Taukenov, A. (2021). The efficiency of LED irradiation for cultivating high-quality tomato seedlings. *Sustainability*, 13, 9426. DOI: 10.3390/su13169426.
- 36 Turbekova, A., Jantassov, S., Taukenov, A., Stolyarov, V., Ramazan, A., Torebek, K., Kozhakhmetova, F. (2026). Effect of different types of LED lighting on growth parameters and productivity of greenhouse tomato. *Int. J. Agric. Biosci.*, 15, 447–456. DOI: 10.47278/journal.ijab/2025.167.
- 37 Marcelis, L.F.M., Heuvelink, E. (2018). Concepts of source–sink relationships in crop production. *Acta Hortic.* 2018, 1227, 33–40. DOI: 10.17660/ActaHortic..1227.4.
- 38 Maxwell, K., Johnson, G.N. (2000). Chlorophyll fluorescence—a practical guide. *J. Exp. Bot.*, 51, 659–668. DOI: 10.1093/jexbot/51.345.659.
- 39 Wellburn, A.R. (1994). The spectral determination of chlorophylls and carotenoids. *J. Plant Physiol.*, 144, 307–313. DOI: 10.1016/S0176-1617(11)81192-2.
- 40 Cataldo, D.A., Haroon, M., Schrader, L.E., Youngs, V.L. (1975). Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 6, 71–80. DOI: 10.1080/00103627509366547.
- 41 Zhang, Z., Zhang, J., Wang, Y., Chen, Y., Hu, Q., Zhang, X., Li, W., Xiao, Y., Zhou, K., Lai, Y., Su, D., Tatsis, E., Liu, G., Liu, M., Zhong, Z., Zhang, Y. (2026). Light regulates tomato fruit metabolome via SIDML2-mediated global DNA demethylation. *J. Integr. Plant Biol.*, 68, 383–405. DOI: 10.1111/jipb.70066.

Өнімділіктен тыс: жылыжай қызанағын өндіруде фенотиптік қайта құрудың қозғаушы күші ретіндегі жарық спектрі

Турбекова А., Қожахметова Ф., Демир Х., Акжүніс Р.

Түйін

Алғышарттар және мақсат. Қосымша жарықтандыру жылыжай жағдайында дақылдың өнімділігінде маңызды фактор болып табылады. Қосымша жарықтандырудың рөлі тек өнімділікті арттыру үшін ғана емес, сонымен қатар өсімдіктердің биохимиялық және фенотиптік қайта құрылуы үшін де маңызды.

Материалдар мен әдістер. Бұл зерттеуде біз жылыжай жағдайында өсірілген қызанақ өсімдіктеріне жарықдиодты жарықтандырудың әсерін бағаладық. Өртүрлі жарық спектрлерінің қызанақтың өсуін, өнімділігін және биохимиялық сапасын қалай қайта құратынын көру үшін көп айнымалы талдау әдісін қолдандық.

Нәтижелер. Өртүрлі фенотиптік стратегиялар анықталды: қызыл басым жарықдиодты спектр жеміс өнімділігіне, жапырақ ауданының ұлғаюына, жеміс нитратының азаюына және азоттың ассимиляциясының жоғарылауына күшті әсер етті. Керісінше, теңгерімді жарықдиодты спектр жемістің титрленетін қышқылдығы мен пигмент мөлшерін арттырды.

Қорытынды. Жапырақтың беткі құрылымы, өнімділік, пигмент мөлшері және азот ассимиляциясы арасында күшті оң корреляция байқалды. Қаржыландыру жылыжай жағдайында мақсатты қызанақ өндірісі үшін қосымша жарықтандырудың маңызды рөлін көрсетеді.

Кілт сөздер: жарықдиодты қосымша жарықтандыру; спектрлік құрамы; қызанақ (*Solanum lycopersicum* L.); фотожүйе II тиімділігі; нитраттың жиналуы; фенотиптік қайта бағдарламалау.

Помимо урожайности: световой спектр как фактор фенотипической реорганизации в тепличном производстве томатов

Турбекова А., Қожахметова Ф., Демир Х., Акжүніс Р.

Аннотация

Предпосылки и цель. Дополнительное освещение является важным фактором продуктивности культуры в тепличных условиях. Роль дополнительного освещения важна не только для повышения урожайности, но и для биохимической и фенотипической реорганизации растений.

Материалы и методы. В данном исследовании мы оценили влияние светодиодного освещения на растения томата, выращенные в тепличных условиях. Мы использовали многомерный анализ, чтобы увидеть, как различные спектры света влияют на рост, урожайность и биохимическое качество томата.

Результаты. Были выявлены различные фенотипические стратегии: светодиодный спектр с преобладанием красного цвета показал более сильное влияние на урожайность плодов, большую площадь листьев, снижение содержания нитратов в плодах и более высокую ассимиляцию азота. Напротив, сбалансированный светодиодный спектр увеличил титруемую кислотность плодов и содержание пигментов.

Вывод. Была обнаружена сильная положительная корреляция между архитектурой листового покрова, урожайностью, содержанием пигментов и ассимиляцией азота. Исследование подчеркивает важную роль дополнительного освещения для целенаправленного производства томатов в тепличных условиях.

Ключевые слова: дополнительное светодиодное освещение; спектральный состав; томат (*Solanum lycopersicum* L.); эффективность фотосистемы II; накопление нитратов; фенотипическое перепрограммирование.

Как цитировать: Смагулов, Д.Б., Есенгалиев, К.Г., Давлетова, А.М., Хамзина, А.К., Мухаметжарова, И.Е. (2026). Проявление гетерозиса при скрещивании курдючных овец с баранами мясных пород Suffolk и Dorper. *Евразийский агротехнический журнал*, 2(130), 56-64. DOI: [https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2\(130\).2187](https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2(130).2187).

УДК 636.32/.38:636.082.265

Исследовательская статья

Проявление гетерозиса при скрещивании курдючных овец с баранами мясных пород Suffolk и Dorper

Смагулов Д.Б.¹ , Есенгалиев К.Г.¹ , Давлетова А.М.¹ , Хамзина А.К.² 
Мухаметжарова И.Е.³ 

¹Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет, Уральск, Казахстан

²Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан

³Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина
Астана, Казахстан

Автор-корреспондент: Мухаметжарова И.Е.: i.mukhametzharova@kazatu.edu.kz

Соавторы: (1: ДС) dark.smagul@gmail.com; (2: КЕ) esengaliyev57@mail.ru

(3: АД) davletovaainura@mail.ru; (4: АХ) aigerim.khamzina55@gmail.com

Получено: 02.04.2026 **Принято:** 08.06.2026 **Опубликовано:** 30.06.2026

Авторские права: Смагулов Д.Б. и др. Данная статья размещена в открытом доступе и распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Аннотация

Предпосылки и цель. Современный этап развития овцеводства характеризуется структурной переориентацией отрасли на производство конкурентоспособной ягнятины с расширением экспортного потенциала. Возрастающие требования к мясным качествам овец при повышении экономической эффективности производства обуславливают необходимость применения научно-обоснованных селекционно-генетических подходов. Ключевым направлением таких преобразований является рациональное использование генетического потенциала специализированных мясных пород в сочетании с адаптивными преимуществами аборигенных популяций. В этой связи, скрещивание курдючных овец с производителями пород Dorper и Suffolk рассматривается как инструмент ускоренного генетического прогресса. Целью исследования явилась комплексная оценка племенных, продуктивных и экономических показателей помесного молодняка, полученного в условиях Восточного региона Казахстана.

Материалы и методы. Исследования выполнялись в 2024–2025 гг. в хозяйстве «Ебетей», расположенном в области Абай. Сформированы 3 группы животных по 50 голов: контрольная (казахская грубошерстная курдючная порода), I-ая опытная (КГК × Dorper) и II-ая опытная (КГК × Suffolk). Определена живая масса в 4,5–5 и 7,5–8 месяцев, среднесуточный прирост за 90 суток, убойные показатели, эффект гетерозиса и экономическая эффективность.

Результаты. В возрасте 4,5–5 месяцев потомство от Dorper превосходило контроль по массе тела на 20,5%, Suffolk – на 16,8%. К 7,5–8 месяцам их живая масса достигала 58,7 и 55,4 кг соответственно против 53,0 кг у чистопородных сверстников. В постотъемный период интенсивность роста во всех исследуемых группах находилась в пределах 150–180 г. Убойные показатели подтвердили преимущества помесей: масса туши составила 32,2 кг у Dorper и 30,6 кг у Suffolk при 28,3 кг в контрольной группе. При средней рыночной цене 2 850 ₸/кг дополнительная выручка достигла 12 385 ₸ и 8 527 ₸ на голову соответственно, что обеспечило повышение уровня рентабельности производства на 17–24%.

Заключение. Результаты исследований 2024–2025 гг. подтверждают эффективность использования импортных генотипов при промышленном скрещивании овец локальных пород, обеспечивая повышение убойных показателей с сохранением высокой адаптивности к

пастбищному содержанию, что делает предложенные схемы экономически целесообразными для условий региона.

Ключевые слова: курдючные овцы; промышленное скрещивание; эффект гетерозиса; мясная продуктивность; помесный молодняк.

Введение

В условиях интенсификации мясного животноводства усиливаются требования к эффективности производства и качеству продукции, что особенно актуально для стран с преобладанием экстенсивных систем ведения хозяйства. В отрасли овцеводства это выражается в необходимости повышения темпов роста и развития молодняка, улучшения морфологических характеристик туш и оптимизации экономических показателей при сохранении устойчивости животных к колебаниям кормовой обеспеченности [1, 2, 3].

Грубошёрстные овцы курдючных пород, широко распространённые в Средней Азии, сформированы в условиях аридного климата и характеризуются высокой адаптивностью и устойчивостью к пастбищному содержанию [4]. Вместе с тем их генетический потенциал по интенсивности роста и мясной конституции уступает специализированным мясным породам, что ограничивает возможности повышения выхода товарной продукции [5]. В мировой практике данное противоречие решается посредством межпородного скрещивания, направленного на сочетание адаптивных свойств местных популяций [6].

Эффект гетерозиса при промышленном скрещивании овец проявляется в увеличении живой массы, среднесуточных приростов и улучшении убойных показателей F1-потомства [7]. Положительное влияние скрещивания курдючных овец на мясную продуктивность подтверждено рядом исследований [8, 9]. Однако, существующие работы, как правило, рассматривают отдельные показатели динамики роста, либо ограничиваются оценкой живой массы без комплексного анализа племенных и экономических параметров.

Породы Suffolk и Dorper относятся к числу наиболее распространённых мясных генотипов, используемых в терминальном скрещивании благодаря высокой скороспелости, развитой мускулатуре и стабильным показателям мясной продуктивности [10, 11]. Тем не менее, для различных регионов страны отсутствуют систематизированные данные о сравнительной эффективности их использования в сочетании с локальными генотипами в единой технологической системе направленного выращивания или интенсивного откорма. Недостаточно изучены вопросы устойчивости помесей к пастбищным условиям содержания и экономическая целесообразность внедрения данных схем в хозяйственную практику [12, 13, 14].

Таким образом, сохраняется научный пробел, связанный с отсутствием комплексной оценки показателей помесей от скрещивания курдючных овцематок с баранами-производителями пород Suffolk и Dorper в конкретных природно-климатических условиях Восточного Казахстана. Устранение данного пробела имеет как теоретическое, так и прикладное значение для формирования адаптивно-продуктивных моделей развития мясного овцеводства.

Материалы и методы

Исследования проведены в 2024–2025 гг. на базе фермерского хозяйства «Ебетей» по разведению казахских грубошёрстных и полугрубошёрстных курдючных овец мясо-сального направления продуктивности. Эксперимент был организован по схеме однофакторного полевого опыта с контролем и двумя опытными вариантами.

Животные были распределены по группам методом случайной выборки (рандомизация) с учётом принципа аналогов по происхождению, полу и живой массе при рождении. Каждая группа включала по 50 голов баранчиков, что обеспечивало достаточную статистическую достоверность для выявления различий по продуктивным признакам.

Для исключения влияния внешних факторов на вариабельность изучаемых показателей все группы содержались в идентичных условиях пастбищно-стойловой технологии. В весенне-летний период использовались естественные пастбища, в осенне-зимний – стойловое содержание с применением рационов, сбалансированных по питательности в соответствии с нормами кормления молодняка овец мясного направления.

Учёт продуктивных показателей:

– живая масса при рождении, в возрасте 4,5–5 и 7,5–8 месяцев;

- абсолютные, среднесуточные и относительные приросты;
- масса туши, убойный выход и площадь «мышечного глазка».

Площадь «мышечного глазка» определяли на поперечном срезе длиннейшей мышцы спины (*m. longissimus dorsi*), расположенном между 12-м и 13-м рёбрами. Измерения выполняли на охлаждённых тушах, полученных после контрольного убоя, посредством выделения контура исследуемого мускула с последующим расчётом его площади в см². Будучи интегральным морфометрическим показателем, данный признак характеризует уровень развития мышечной ткани, отражает мясную продуктивность животных и позволяет косвенно оценивать выход наиболее ценных частей туши.

Относительный гетерозис (%) рассчитывали по формуле (1):

$$H = \frac{F_1 - P}{P} \times 100, \quad (1)$$

где, F_1 – среднее значение признака у помесей;
 P – среднее значение признака у контрольной группы.

Для оценки влияния генотипа на продуктивные показатели применяли однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) по модели (2):

$$Y_{ij} = \mu + G_i + \varepsilon_{ij}, \quad (2)$$

где, Y_{ij} – наблюдаемое значение признака;
 μ – общая средняя;
 G_i – фиксированный эффект генотипа;
 ε_{ij} – случайная ошибка.

Все расчёты выполнялись с использованием прикладных статистических пакетов. Достоверность различий между средними оценивали при уровнях значимости $P < 0,05$; $P < 0,01$ и $P < 0,001$. При выявлении значимого эффекта фактора проводили множественные сравнения средних значений методом Tukey (HSD).

Результаты

Рост и развитие молодняка

В специализированном мясном направлении овцеводства величина живой массы является одним из ключевых интегральных показателей, отражающих интенсивность роста, уровень развития организма и потенциальную мясную продуктивность животных. Между живой массой и выходом товарной продукции при прочих равных условиях, как правило, устанавливается положительная корреляционная связь. Изучение возрастной изменчивости данного признака позволяет оценить влияние генотипа на постнатальный рост и определить перспективность использования той или иной схемы скрещивания в селекционной практике.

В настоящем исследовании проанализирована динамика живой массы чистопородного и помесного молодняка в возрасте 4,5–5 и 7,5–8 месяцев (таблица 1).

Таблица 1 – Живая масса и среднесуточный прирост

Показатель		КГК	КГК × Dorper	КГК × Suffolk
Живая масса, кг	4,5–5 мес.	37,5 ± 0,42	45,2 ± 0,48*	43,8 ± 0,46*
	7,5–8 мес.	53,0 ± 0,55	58,7 ± 0,63**	55,4 ± 0,59**
Среднесуточный прирост за 90 дней, г		172,2 ± 6,4	150,0 ± 7,1**	128,9 ± 6,8**

Примечание: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$

Согласно данным, преимущество полукровных помесей сформировано уже к моменту отъёма их от матерей, т.е. в 4,5–5 месяцев особи I опытной группы превосходили своих контрольных сверстников по массе тела на 20,5%, а II – на 16,8%.

Повышенные показатели среднесуточного прироста у помесей за молочный период объясняются различиями в скорости формирования мышечных волокон и интенсивности

белкового обмена, характерными для специализированных мясных пород. Известно, что генотипы мясного направления отличаются более ранним переходом к фазе активной гипертрофии мышечной ткани, что обеспечивает опережающее накопление мышечной массы в постнатальный период онтогенеза. Это подтверждается увеличением площади «мышечного глазка» у помесного молодняка, что свидетельствует о структурном, а не только количественном изменении мясной продуктивности.

В более взрослом возрасте интенсивность роста во всех группах закономерно снижалась. Среднесуточный прирост составил 172,2 г у чистопородных баранчиков, 150,0 г у животных с генотипом КГК × Dorper и 128,9 г – КГК × Suffolk. Несмотря на более высокий прирост в контрольной группе, помеси сохраняли преимущество по абсолютной живой массе к 7,5–8 месяцам – 58,7 и 55,4 кг соответственно против 53,0 кг.

Вероятным объяснением некоторого снижения относительной скорости роста у потомства от баранов породы Suffolk могут служить дополнительные энергетические затраты на формирование качественного шёрстного покрова. В отличие от них, Dorper характеризуется естественной линькой и редуцированным шёрстным покровом, что снижает долю энергии, направляемой на рунообразование.

Убойные показатели и морфологические характеристики туш

Оценка убойных показателей позволяет определить, трансформируется ли преимущество по живой массе в увеличение выхода товарной продукции и улучшение мясных характеристик туш. Для этого проведён контрольный убой молодняка в возрасте 7,5–8 месяцев (таблица 2).

Таблица 2 – Убойные показатели

Показатель	КГК	КГК × Dorper	КГК × Suffolk
Масса туши, кг	28,3 ± 0,38	32,2 ± 0,41**	30,6 ± 0,44**
Убойный выход, %	53,4 ± 0,6	54,8 ± 0,5*	55,2 ± 0,5*
Площадь «мышечного глазка», см ²	12,8 ± 0,21	14,6 ± 0,24*	14,1 ± 0,22*

Примечание: *P < 0,05; **P < 0,01; ***P < 0,001

Масса туши баранчиков с генотипом КГК × Dorper составила 32,2 кг, что на 3,9 кг превышает показатель контроля. У Suffolk-помесей преимущество составило 2,3 кг. При сопоставимых значениях убойного выхода увеличение массы туши обусловлено морфологическими особенностями, выражающимися в более интенсивном развитии мышечной ткани с оптимальным соотношением жировой фракции.

Увеличение площади «мышечного глазка» на 1,8 см² у варианта Dorper и на 1,3 см² у Suffolk свидетельствует о выраженном развитии длиннейшей мышцы спины. Это указывает на то, что прирост живой массы у помесей формируется преимущественно за счёт мышечной ткани, а не жировых отложений. Полученные данные послужили основанием для анализа генетической обусловленности выявленных различий.

Гетерозис и наследуемость

Анализ гетерозиса позволяет оценить степень проявления гибридной силы, тогда как коэффициент наследуемости характеризует генетическую обусловленность признаков и перспективность селекционной работы (таблица 3).

Таблица 3 – Гетерозис и наследуемость

Показатель		КГК × Dorper	КГК × Suffolk
Гетерозис по живой массе, %	4,5–5 мес.	20,5	16,8
	7,5–8 мес.	10,8	4,5
Гетерозис по приросту, %		12,5	15,5
h ² (живая масса 7,5–8 мес.)		0,32	0,38

Максимальное проявление гетерозиса наблюдалось в раннем возрасте. К 7,5–8 месяцам его выраженность снижалась, что отражает влияние периода после отбивки физиологических факторов и адаптационных процессов.

Значения наследуемости указывают, что около 32–38% фенотипической вариации живой массы обусловлено генетическими факторами. Это означает, что отбор по данному признаку может быть эффективным уже в раннем возрасте, особенно при использовании производителей с высокой племенной ценностью. В условиях промышленного скрещивания подобные показатели позволяют сочетать эффект гетерозиса в F1-генерации с последующим генетическим закреплением продуктивных характеристик в племенных ядрах.

Экономическая эффективность

Экономическая оценка является завершающим этапом анализа, позволяющим определить практическую целесообразность внедрения исследуемых схем скрещивания в производственных условиях (таблица 4).

Таблица 4 – Экономическая эффективность вариантов скрещивания

Показатель	КГК	КГК × Dorper	КГК × Suffolk
Дополнительная выручка, ₸	–	12 385	8 527
Рентабельность, %	20	23	25
Коэффициент окупаемости	1,00	1,17	1,24

При средней рыночной цене 2 850 ₸/кг дополнительная выручка составляет 12 385 ₸/гол. для первой схемы скрещивания и 8 527 ₸/гол. для второй. При масштабировании производства до 1 000 голов совокупный экономический эффект может достигать 12,3 и 8,5 млн ₸ прибыли соответственно. Даже при росте затрат на приобретение племенных производителей на 8–12% срок окупаемости вложений не превышает одного производственного цикла откорма, что подтверждает инвестиционную привлекательность внедрения мясных генотипов.

Повышение уровня рентабельности на 17–24% подтверждает экономическую целесообразность внедрения терминального скрещивания в хозяйствах региона. Таким образом, генетическое улучшение продуктивности в данном случае непосредственно отражается в экономическом результате.

Обсуждение

Полученные данные экспериментальных исследований согласуются с мировыми тенденциями использования специализированных мясных пород в различных программах разведения овец. Наибольший эффект при межпородном скрещивании проявляется по признакам роста и развития, а также мясной продуктивности потомства, тогда как степень его выраженности зависит от генетических особенностей исходных пород и условий их использования. В этой связи сочетание курдючных овец, обладающих высокой адаптивностью к экстенсивным условиям содержания, с мясными породами Dorper и Suffolk соответствует современным подходам к повышению эффективности производства ягнатины.

Следует отметить, что результаты зарубежных исследований демонстрируют неодинаковую эффективность использования указанных генотипов в зависимости от природно-климатических условий и особенностей материнской основы. Так, *Cloete et al.* (15) отмечают высокий потенциал породы Dorper по показателям скороспелости, тогда как *Besufkad et al.* (16) при изучении помесей показали, что положительный эффект скрещивания обусловлен не только улучшением продуктивности потомства, но и сохранением адаптационных качеств. Аналогичный подход получил распространение и в других странах с развитым пастбищным овцеводством, где скрещивание рассматривается не как замена локальных генотипов, а как инструмент более полного использования их генетических ресурсов.

Вместе с тем, ряд авторов подчёркивают, что эффективность промышленного скрещивания должна оцениваться комплексно, с учётом не только показателей роста и развития, но и качественных характеристик получаемой продукции (*Maha et al.*, 2007). В мировой практике именно способность сочетать высокий уровень и качество продуктивности специализированных

пород с приспособленностью местных овец рассматривается как один из ключевых факторов устойчивого развития мясного овцеводства.

Заключение

Проведённые исследования подтвердили целесообразность использования импортных мясных генотипов в промышленном скрещивании курдючных овец локальной популяции. Установлено, что использование баранов пород Dorper и Suffolk способствует формированию более высокой массы тела к периоду реализации и обеспечивает увеличение выхода товарной продукции при сохранении адаптивных качеств животных к пастбищным условиям.

Проявление эффекта гетерозиса наиболее выражено в раннем возрасте, что свидетельствует о высокой генетической комплементарности скрещиваемых пород. В постотъёмный период наблюдается физиологически обусловленное перераспределение интенсивности роста, однако преимущество помесного молодняка по абсолютным показателям продуктивности сохраняется.

Сравнительный анализ показал, что схема с использованием Dorper обеспечивает более высокий интегральный производственный и экономический эффект в условиях исследуемого региона, тогда как применение Suffolk может рассматриваться как перспективное направление в комбинированных селекционных программах.

Таким образом, перспективы дальнейших исследований будут связаны с изучением продуктивности последующих поколений, оценкой устойчивости к стресс-факторам среды и оптимизацией селекционных программ с использованием геномных маркеров.

Вклад авторов

ДС: разработка концепции исследования, определение и постановка цели, разработка методологии исследования, интерпретация результатов. КЕ: организационное сопровождение, ресурсное обеспечение. АД: проведение экспериментов, анализ данных. АХ: сбор первичных материалов, статистическая обработка. ИМ: корректировка, вычитка, отправка в редакцию.

Все авторы прочитали, просмотрели и одобрили окончательную редакцию статьи.

Информация о финансировании

Работа выполнена в рамках программно-целевого финансирования Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан научно-технической программы BR24992940 – «Создание высокопродуктивной популяции овец северо-восточного региона Казахстана на основе разработки эффективных приёмов селекции и внедрения ресурсосберегающих технологий» на 2024–2026 годы.

Список литературы

- 1 Sheep meat market review and outlook. (2022). *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. <https://www.fao.org/agriculture-consumer-protection-department/ru>.
- 2 Notter, D.R. (2018). Genetic improvement of reproductive efficiency of sheep and goats. *Animal Reproduction Science*, 197, 1–12. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2018.07.012.
- 3 Safari, E., Fogarty, N.M., Gilmour, A.R. (2005). A review of genetic parameter estimates for wool, growth, meat and reproduction traits in sheep. *Livestock Production Science*, 92(3), 271–289. DOI: 10.1016/j.livprodsci.2004.09.003.
- 4 Jin, M., Liu, G., Liu, E., Wang, L., Jiang, Y., et al. (2026). Genomic insights into the population history of fat-tailed sheep and identification of two mutations that contribute to fat tail adipogenesis. *Journal of Advanced Research*, 80, 725–741. DOI: 10.1016/j.jare.2025.05.011.
- 5 Sadykulov, T., Smagulov, D.B., Adylkanova, S.R., Koishibaev, A.M. (2014). The results of crossing in fat-tailed sheep breeding. *Life Science Journal*, 11(11), 308–311.
- 6 Traisov, B.B., Smagulov, D.B., Yuldashbaev, Y.A., Esengaliyev, K.G. (2017). Meat productivity of crossbred rams after fattening. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 9 (5), 574–577.
- 7 Fogarty, N.M. (2009). A review of the effects of crossbreeding on lamb production. *Animal Production Science*, 49(4), 281–292. DOI:10.1071/EA08210.

- 8 Mousa, E., Werf, J. (2019). Genetic parameters for growth traits in sheep: A review. *Small Ruminant Research*, 171, 1–8. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2018.12.003.
- 9 Nonavar, M.R., Hossein-Zadeh, N.G., Shadparvar, A.A. (2023). A meta-analysis of genetic parameter estimates for growth traits in fat-tailed sheep. *Small Ruminant Research*, 226, 107033. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2023.107033.
- 10 Hopkins, D.L., Toohey, E.S., Ven, R.J. (2011). Lamb carcass characteristics of different genotypes. *Meat Science*, 88(4), 689–695. DOI: 10.1016/j.meatsci.2011.02.017.
- 11 Gizaw, S., Komen, H., Arendonk, J.A.M. (2013). Crossbreeding strategies and their impact on productivity in sheep. *Animal*, 7(2), 179–190. DOI:10.1017/S1751731112001688.
- 12 Смагулов, Д.Б. (2017). Селекционируемые признаки овец разных генотипов. *G-Global publications: Сельское хозяйство и АПК*.
- 13 Асылбекова, Э.Б., Кенжебаев, Т.Е., Есенбаев, А.А., Ахатова, З.А., Сембаева, А.И., Исагулов, Н.Е. (2025). Сравнительные особенности свойств шерсти чистопородного и помесного молодняка казахской курдючной грубошёрстной породы. *Вестник науки Казахского агротехнического исследовательского университета имени С.Сейфуллина: междисциплинарный*, 3(127), 184–195. DOI:10.51452/kazatu.2025.3(127).2030.
- 14 Ибраев, Д.К., Омарова, К.М., Шарапатов, Т.С., Аккаир, Б.Ж., Мирамбеккызы, А., Мухаметжарова, И.Е. (2025). Племенные и экстерьерные показатели казахской грубошёрстной курдючной породы овец. *Вестник науки Казахского агротехнического исследовательского университета имени С.Сейфуллина: междисциплинарный*, 3(127), 154–165. DOI:10.51452/kazatu.2025.3(127).2017.
- 15 Cloete, S.W.P., Snyman, M.A., Herselman, M.J. (2000). Productive performance of Dorper sheep. *Small Ruminant Research*, 36(2), 119–135. DOI:10.1016/S0921-4488(99)00104-5.
- 16 Besufkad, S., Abebe, A., Tesema, Z., Bisrat, A., Goshme, S. et al. (2025). Estimation of individual crossbreeding effects and growth curve analysis for growth traits of Dorper × local crossbred sheep in Ethiopia. *Livestock Science*, 299(105780). DOI: 10.1016/j.livsci.2025.105780.
- 17 Macha, J., Norberg, E., Berg, P., Milerski, M. (2007). Genetic parameters for body weight, longissimus muscle depth and fat depth for Suffolk sheep in the Czech Republic. *Small Ruminant Research*, 72(2–3), 87–91. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2006.04.018.

References

- 1 Sheep meat market review and outlook. (2022). *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. <https://www.fao.org/agriculture-consumer-protection-department/ru>.
- 2 Notter, D.R. (2018). Genetic improvement of reproductive efficiency of sheep and goats. *Animal Reproduction Science*, 197, 1–12. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2018.07.012.
- 3 Safari, E., Fogarty, N.M., Gilmour, A.R. (2005). A review of genetic parameter estimates for wool, growth, meat and reproduction traits in sheep. *Livestock Production Science*, 92(3), 271–289. DOI: 10.1016/j.livprodsci.2004.09.003.
- 4 Jin, M., Liu, G., Liu, E., Wang, L., Jiang, Y., et al. (2026). Genomic insights into the population history of fat-tailed sheep and identification of two mutations that contribute to fat tail adipogenesis. *Journal of Advanced Research*, 80, 725–741. DOI: 10.1016/j.jare.2025.05.011.
- 5 Sadykulov, T., Smagulov, D.B., Adylkanova, S.R., Koishibaev, A.M. (2014). The results of crossing in fat-tailed sheep breeding. *Life Science Journal*, 11(11), 308–311.
- 6 Traisov, B.B., Smagulov, D.B., Yuldashbaev, Y.A., Esengaliyev, K.G. (2017). Meat productivity of crossbred rams after fattening. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 9 (5), 574–577.
- 7 Fogarty, M. (2009). A review of the effects of crossbreeding on lamb production. *Animal Production Science*, 49(4), 281–292. DOI:10.1071/EA08210.
- 8 Mousa, E., Werf, J. (2019). Genetic parameters for growth traits in sheep: A review. *Small Ruminant Research*, 171, 1–8. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2018.12.003.
- 9 Nonavar, M.R., Hossein-Zadeh, N.G., Shadparvar, A.A. (2023). A meta-analysis of genetic parameter estimates for growth traits in fat-tailed sheep. *Small Ruminant Research*, 226, 107033. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2023.107033.

- 10 Hopkins, D.L., Toohey, E.S., Ven, R.J. (2011). Lamb carcass characteristics of different genotypes. *Meat Science*, 88(4), 689–695. DOI: 10.1016/j.meatsci.2011.02.017.
- 11 Gizaw, S., Komen, H., Arendonk, J.A.M. (2013). Crossbreeding strategies and their impact on productivity in sheep. *Animal*, 7(2), 179–190. DOI:10.1017/S1751731112001688.
- 12 Smagulov, D.B. (2017). Selekcioniruemye priznaki ovec raznyh genotipov. *G-Global publications: Sel'skoe hozjajstvo i APK*.
- 13 Asylbekova, Je.B., Kenzhebaev, T.E., Esenbaev, A.A., Ahatova, Z.A., Sembaeva, A.I., Isagulov, N.E. (2025). Sravnitel'nye osobennosti svoistv shersti chistopородного i pomесного molodnyaka kazahskoi kurdyuchnoi gruboshiorstnoi porody. *Vestnik nauki Kazahskogo agrotehnicheskogo issledovatel'skogo universiteta imeni S.Seifullina: mezhdisciplinarnyi*, 3(127), 184–195. DOI:10.51452/kazatu.2025.3(127).2030.
- 14 Ibraev, D.K., Omarova, K.M., Sharapatov, T.S., Аққаир, Б.Ж., Аққаир, Б.Ж., Мирамбеккызы, А., Muhametzhарova, I.E. (2025). Plemennye i ekster'ernye pokazateli kazahskoi gruboshiorstnoi kurdyuchnoi porody ovec. *Vestnik nauki Kazahskogo agrotehnicheskogo issledovatel'skogo universiteta imeni S.Seifullina: mezhdisciplinarnyi*, 3(127), 154–165. DOI:10.51452/kazatu.2025.3(127).2017.
- 15 Cloete, S.W.P., Snyman, M.A., Herselman, M.J. (2000). Productive performance of Dorper sheep. *Small Ruminant Research*, 36(2), 119–135. DOI:10.1016/S0921-4488(99)00104-5.
- 16 Besufkad, S., Abebe, A., Tesema, Z., Bisrat, A., Goshme, S. et al. (2025). Estimation of individual crossbreeding effects and growth curve analysis for growth traits of Dorper × local crossbred sheep in Ethiopia. *Livestock Science*, 299(105780). DOI: 10.1016/j.livsci.2025.105780.
- 17 Maxa, J., Norberg, E., Berg, P., Milerski, M. (2007). Genetic parameters for body weight, longissimus muscle depth and fat depth for Suffolk sheep in the Czech Republic. *Small Ruminant Research*, 72(2–3), 87–91. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2006.04.018.

Құйрықты қойларды Suffolk және Dorper тұқымды ет бағытындағы қошқарлармен будандастырудағы гетерозис құбылысының көрінісі

Смағұлов Д.Б., Есенғалиев Қ.Ғ., Дәулетова А.М., Хамзина А.Қ., Мұхаметжарова И.Е.

Түйін

Алғышарттар мен мақсат. Қазіргі кезеңде еліміздегі қой шаруашылығы саласының дамуы жоғары сапалы қозы етін өндіруге және экспорттық әлеуетті арттыруға бағытталған. Қойлардың еттілік қасиеттеріне қойылатын талаптардың артуы және өндірістің экономикалық тиімділігін жоғарылату қажеттілігі ғылыми негізделген селекциялық-генетикалық тәсілдерді қолдануды талап етеді. Осы тұрғыда аборигенді популяциялардың бейімделгіштік ерекшеліктерін барынша сақтай отырып, мамандандырылған ет бағытындағы тұқымдардың генетикалық әлеуетін ұтымды пайдалану өзекті бағыт болып табылады. Осыған байланысты құйрықты қойларды Dorper және Suffolk тұқымдарының аталықтарымен будандастыру генетикалық прогресті жеделдетудің тиімді құралы ретінде қарастырылады. Зерттеудің мақсаты – Қазақстанның шығыс аймағы жағдайында алынған будан төлдің селекциялық, өнімділік және экономикалық көрсеткіштеріне кешенді баға беру.

Материалдар мен әдістер. Зерттеу жұмыстары 2024–2025 жылдары Абай облысындағы «Ебетей» шаруа қожалығында жүргізілді. Әрқайсысы 50 бастан тұратын 3 топ құрылды: бақылау тобы (қазақтың қылшық жүнді құйрықты тұқымы), I тәжірибелік топ (ҚҚҚ × Dorper) және II тәжірибелік топ (ҚҚҚ × Suffolk). Төлдердің 4,5–5 және 7,5–8 айлықтағы тірілей салмағы, 90 күнге есептелген орташа тәуліктік өсімі, сойыс көрсеткіштері, гетерозис әсері және экономикалық тиімділігі анықталды.

Нәтижелер. Dorper тұқымынан алынған 4,5–5 айлықтағы будандардың тірілей салмақтары бақылау тобына қарағанда 20,5%, ал Suffolk – 16,8% жоғары болды. 7,5–8 айлығында олардың көрсеткіштері тиісінше 58,7 және 55,4 кг құрап, қатарластарының деңгейінен асқан (53,0 кг). Енелерінен айырған кезеңде орташа тәуліктік өсім барлық топтарда 150–180 г аралығында

ауытқыған. Сойыс көрсеткіштері де тиісінше будандардың артықшылығын айқындаған: Dorper будандарында ұша салмағы 32,2 кг, Suffolk – 30,6 кг, ал бақылау тобында 28,3 кг жеткен. Қозы етінің орташа нарықтық бағасы 2 850 ₸/кг болған жағдайда қосымша түсім тиісінше 1 басқа шаққанда 12 385 ₸ және 8 527 ₸ құрап, өндірістің рентабельділік деңгейін 17-24% арттырған.

Қорытынды. 2024–2025 жылдары жүргізілген зерттеулер жергілікті қой тұқымдарын импорттық ет бағытындағы генотиптермен өнеркәсіптік будандастырудың тиімділігін айқындайды. Аталмыш тәсіл қойлардың сойыс көрсеткіштерін арттыра отырып, жайылымдық жағдайға төзімділік қасиетін сақтауға мүмкіндік береді. Ұсынылған шағылыстыру сұлбасын аталмыш аймақ жағдайында экономикалық тұрғыдан тиімді деп бағалауға мүмкіндік береді.

Кілт сөздер: құйрықты қойлар; өнеркәсіптік будандастыру; гетерозис әсері; ет өнімділігі; будан төл.

Expression of heterosis in crossbreeding fat-tailed ewes with Suffolk and Dorper meat-type rams

Darkhan B. Smagulov, Kairly G. Yesengaliyev, Ainur M. Davletova, Aigerim K. Khamzina
Ilmira E. Mukhametzharova

Abstract

Background and Aim. The current stage of sheep industry development is characterized by a structural reorientation toward the production of competitive lamb and expansion of export potential. Increasing requirements for meat productivity combined with the need to enhance economic efficiency necessitate the application of scientifically grounded breeding and genetic approaches. A key direction of such transformation is the rational use of specialized meat breeds in combination with the adaptive advantages of local populations. In this context, crossing fat-tailed ewes with Dorper and Suffolk rams is considered an effective tool for accelerating genetic progress. The objective of the study was to provide a comprehensive evaluation of breeding, productive, and economic performance of crossbred lambs under the conditions of the Eastern region of Kazakhstan.

Materials and Methods. The study was conducted in 2024–2025 at the “Ebetey” farm located in the Abai region. Three groups of 50 animals each were formed: control (Kazakh coarse-wool fat-tailed breed), experimental I (KCF × Dorper), and experimental II (KCF × Suffolk). Body weight at 4.5–5 and 7.5–8 months of age, average daily gain over a 90-day period, carcass traits, heterosis effect, and economic efficiency were determined.

Results. At 4.5–5 months of age, Dorper crossbreds exceeded the control group in body weight by 20.5%, while Suffolk crossbreds showed a 16.8% advantage. By 7.5–8 months, body weight reached 58.7 kg and 55.4 kg, respectively, compared with 53.0 kg in purebred contemporaries. During the post-weaning period, average daily gain ranged from 150 to 180 g. Carcass traits confirmed the superiority of crossbreds: carcass weight reached 32.2 kg in Dorper crossbreds and 30.6 kg in Suffolk crossbreds versus 28.3 kg in the control group. At an average market price of 2,850 KZT per kg, additional revenue amounted to 12,385 KZT and 8,527 KZT per head, respectively, resulting in a 17-24% increase in production profitability.

Conclusion. The results obtained in 2024-2025 confirm the effectiveness of using imported meat-type genotypes in industrial crossbreeding of local sheep breeds, ensuring improved carcass performance while maintaining high adaptability to pasture-based systems. The proposed crossbreeding schemes can therefore be considered economically justified under regional production conditions.

Keywords: fat-tailed sheep; industrial crossbreeding; heterosis effect; meat productivity; crossbred lambs.

Дәйексөз үшін: Арын, Б.Е., Ускенов, Р.Б., Конджа, Ю., Шайкенова, К.Х., Калмагамбетов, М.Б., Кухар, Е.В. (2026). Органикалық азықтық қоспасының қазақтың ақбас тұқымды бұқашықтарының өсуі мен дамуына әсері. *Еуразиялық агротехникалық журнал*, 2(130), 65-77. DOI: [https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2\(130\).2192](https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2(130).2192).

ӘОЖ 636.2.087.72(045)

Зерттеу мақаласы

Органикалық азықтық қоспасының қазақтың ақбас тұқымды бұқашықтарының өсуі мен дамуына әсері

Арын Б.Е.¹ , Ускенов Р.Б.¹ , Конджа Ю.² , Шайкенова К.Х.¹ 
Калмагамбетов М.Б.³ , Кухар Е.В.¹ 

¹С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, Қазақстан

²Эрджиес Университеті, Кайсери, Түркия

³Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан

Корреспондент автор: Арын Б.Е.: beka.16.aryn@gmail.com

Бірлескен авторлар: (1: РУ) ruskenov2@gmail.com; (2: ЮК) yusufkonca@erciyes.edu.tr
(3: КП) k.shaikenova@kazatu.edu.kz; (4: МК) mbaitugel@mail.ru; (5: ЕК) kucharev@gmail.com

Келіп түсті: 06.04.2026 **Қабылданды:** 08.06.2026 **Жарияланды:** 30.06.2026

Авторлық құқық: Арын Б.Е. т.б. Бұл мақала ашық қолжетімділікте жарияланып, Creative Commons Attribution 4.0 халықаралық лицензиясының шарттарына сәйкес таратылады (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Түйін

Алғышарттар мен мақсат. Бұл мақалада аграрлық сектордың даму жолдары сарапталып, оның негізгі стратегиялық бағыты ретінде органикалық мал шаруашылығының маңыздылығы атап өтілді. Оның негізгі артықшылықтарына өнімдердің экологиялық қауіпсіздігін арттыру, мал шаруашылығы жағдайларын жақсарту және қоршаған ортаға адамның әсерін азайту жатады. Бұл жүйенің негізгі ерекшелігі – жасанды заттарды пайдаланбай өнімділікті тиімді түрде арттыратын табиғи жайылымдар мен табиғи азықтық қоспаларына басымдық беру. Қазіргі уақытта Қазақстанда практикалық тәжірибенің болмауына қарамастан, бұл тәсіл органикалық өнімдердің экспорттық сегментін кең көлемде дамыту және дамыту үшін жоғары әлеуетті көрсетеді. Бұл зерттеу жұмысының мақсаты органикалық азықтық қоспаның өсу көрсеткіштеріне, азық тиімділігіне, ет өнімділігіне және ет бағытындағы бұқашықтардың морфометриялық параметрлеріне әсерін бағалау болды.

Материалдар мен әдістер. Тәжірибе 2025 жылдың қазан-желтоқсан айлары аралығында «Новобратское и К» ЖШС-де (Ақмола облысы, Бұланды ауданы) жүргізілді. Зерттеу үшін енесінен айырғаннан кейін 8–10 айлық жастағы клиникалық тұрғыдан сау таза тұқымды қазақтың ақбас бұқашықтары таңдалды. Жануарлар бірдей жағдайларда ұсталды, ал азықтандыру тиімділігі INTERGADO жүйесімен қамтамасыз етілді. Тәжірибелік топтағы бұқашықтарға премикстің орнына 0,3 кг органикалық азықтық қоспасы берілді (2025 жылғы 12 қыркүйектегі № 11116 патент).

Нәтижелер. Бұқашықтарды өз өнімділігі бойынша сынау нәтижелері тәжірибелік топта өсу көрсеткіштерінің жақсарғанын көрсетті. Тірілей салмағы тәжірибелік топта 313,25 кг-мен салыстырғанда 315,75 кг құрады, ал орташа тәуліктік және абсолюттік өсім 9,8 және 10,0% сәйкесінше артты. Азық конверсиясының коэффициенті құрғақ затты бірдей мөлшерде тұтыну арқылы жақсарды (4,92 және 5,23). Тәжірибелік және бақылау топтары арасында морфометриялық параметрлер көрсеткіштерінде айтарлықтай айырмашылық болмады, бірақ оң өзгеріс байқалды: құйымшақ биіктігі (115,75 және 114,18 см) және ұма орамы (32,50 және 31,88 см).

Қорытынды. Алынған нәтижелер органикалық азықтық қоспасының өсу қарқынына, азықты тұтыну тиімділігіне, ет сапасына және морфометриялық параметрлерге, соның ішінде бұқашықтардың репродуктивті дамуына қатысты параметрлерге оң әсерін көрсетті.

Кілт сөздер: бұқашықтар; органикалық азықтық қоспа; тірілей салмақ; орташа тәуліктік өсім; өз өнімділігі бойынша бағалау (сынау); етті ірі қара мал.

Кіріспе

Органикалық мал шаруашылығы қазіргі таңда ауыл шаруашылығында маңызды орын алады. Оның негізгі артықшылықтары ветеринарлық, тұтынушылар денсаулығы, өндірушілердің қаржылық тұрақтылығы және экологиялық аспектілерді қамтуымен түсіндіріледі. Дәстүрлі мал шаруашылығында антибиотиктер мен гормондарды қолдану тұтынушы денсаулығына қауіп төндіреді. Осыған байланысты, жайылымдық ұстауға негізделген органикалық шаруашылықтарда мал өнімділігін арттырудың экологиялық қауіпсіз технологияларын енгізу қажеттілігі туындайды. Осы тұрғыдан алғанда синтетикалық заттарды қолданбай азықтың қорытылуын және метаболикалық процестердің тиімділігін жақсартуға қабілетті органикалық азықтық қоспалары ерекше өзекті болып табылады.

Органикалық мал шаруашылығы, соның ішінде етті ірі қара мал шаруашылығы, Қазақстанда әлі күнге дейін бірде-бір шаруашылықта көрсетілмеген. Дегенмен, Қазақстанның органикалық өнімдер қауымдастығының сарапшыларының пікірінше, елде бұл саланы ішкі тұтыну үшін де, органикалық ет экспорты үшін де дамытуға орасан зор әлеуеті бар [1].

Азықтық қоспалар – өнімділікті арттыру, өсуді ынталандыру және мал денсаулығын жақсарту үшін мал азығына қосылатын қосымша компоненттер. Бұндай қоспаларға пробиотиктер, пребиотиктер, органикалық қышқылдар, ферменттер және фитобиотиктер жатады. Фитобиотиктер, атап айтқанда, ғылыми зерттеулердің нысаны ретінде танымал болды. Соңғы зерттеулер мен әзірлемелер табиғи өсу стимуляторлары ретінде фитобиотикалық азық қоспаларын зерттеуге бағытталған [2].

M.G. Ornaghi және авторлар ұжымы жүргізген зерттеулер табиғи азықтық қоспаларының ет сапасын өзгертпей және де тіпті жақсартып, жануарлардың өнімділігін арттыру үшін антибиотиктерді алмастыра алатынын растады. Бұл табиғи қоспаларда микробқа қарсы және антиоксиданттық белсенділігі жоғары көптеген қосылыстар бар [3].

M.S. Soares және бірлескен авторлардың зерттеулері тірі ашытқы мен органикалық микроэлементтердің азықтық қоспасы ретінде үйлесімі натрий мнензині мен дәстүрлі минералды тұздарға тиімді балама ретінде әрекет ететінін растайды. Бұл технология тұрақты минералды гомеостазды және бұлшықет тінінің морфологиялық қасиеттерін жақсартуды қамтамасыз ете отырып, өнімділік пен рационның биожетімділігін арттыруға мүмкіндік береді [4].

H. Schmidt және бірлескен авторлардың жүргізген зерттеулеріне сәйкес, биокөмірді азықтық қоспасы ретінде қолдану мал шаруашылығының негізгі көрсеткіштерін жақсартудың маңызды әлеуетін көрсетеді. Ол жануарлардың денсаулығын жақсартып, азықтың сіңімділігін жақсартып алады, бұл өнімділіктің артуына әкеледі. Сондай-ақ, биокөмір құнды қоректік заттарды сақтауға және атмосфераға зиянды шығарындыларды азайтуға көмектеседі. Биокөмірді тұтынған жануарлардың көңі жердің құнарлылығын жақсартып отырып, құнды тыңайтқышқа айналады. Егер биокөмір басқа заманауи агротехнологиялармен бірге қолданылса, онда мал шаруашылығы әлдеқайда экологиялық және тұрақты болады [5].

Y. Zhang және басқалар жүргізген зерттеу нәтижелері тұтас жүгеріні сүрлеу кезінде сүт қышқылы бактерияларының кешенді инокулянттарын (CLB) қолдану құрғақ заттарды тұтынуды арттыруға және ірі қара малдың тірілей салмағын, орташа тәуліктік өсімін арттыруға ықпал ететінін көрсетті. CLB қолдану месқарындық ашытуды оңтайландырумен қатар жүрді, бұл аммиак азоты концентрациясының жоғарылауымен және ацетаттың пропионатқа қатынасының төмендеуімен көрінді, бұл месқарында ыдырайтын ақуызды қолданудың жақсарғанын және ашыту процестерінің тиімділігінің жоғарылауын көрсетті. Бұл өзгерістер жануарлардың қан сарысуының физиологиялық көрсеткіштерінің қолайлы динамикасымен байланысты болды. Сонымен қатар, тек аралас органикалық қышқыл тұздарын (MS) қолдану бақылау тобымен салыстырғанда жануарлардың өнімділігі мен физиологиялық жағдайына айтарлықтай оң әсер еткен жоқ. CLB және MS (CLBMS) бірге қолдану тек CLB қолданумен салыстырғанда аз әсер етті және кейбір жағдайларда өсу қарқынының төмендеуімен қатар жүрді [6].

Азықтың әдеттегі құнын ескере отырып, өндірушілер азық тиімділігін (FE) ескеруі керек, ол көбінесе орташа тәуліктік өсім (ADG) мен құрғақ заттарды тұтыну (DMI) қатынасымен өлшенеді. Осылайша, азық тиімділігін бағалау және ең өнімді жануарларды іріктеу етті мал шаруашылығындағы бұқашықтарды өз өнімділігі бойынша бағалаудың маңызды кезеңі болып табылады. *A. Tilepova, D.R. Arney, S.Bostanova, R. Uskenov* жүргізген, Қазақстан Республикасы жағдайында азықты тұтынуды жеке бақылау үшін GrowSafe (Vytelle) технологиясын қолдана

отырып, қазақ ақбас тұқымды бұқашықтарын бағалауға арналған зерттеулер етті малдардың азықтың қалдық тұтынылуы (RFI) индексі негізінде саралау мүмкіндігін растады. Алынған деректер қазақтың ақбас тұқымын (қазіргі коммерциялық және танымал тәжірибеде Qazaq Aqbas брендімен белгілі) азықтандыру тиімділігін арттыру мақсатында өсіру үшін жекелей іріктеу кезінде осы индексті критерий ретінде пайдалану әлеуетін көрсетеді [7].

Бұқаның табынды көбейтудегі әлеуетін сақтаудағы және генетикалық әртүрлілікті енгізудегі негізгі рөліне қарамастан, оның маңыздылығы көбінесе ескеріле бермейді. Бұқаның ұрықтылығы сиыр еті мен сүт өндірісінің экономикалық тұрғыдан тиімді болуының маңызды факторы болып табылады [8].

Мал шаруашылығы кәсіпорындары үшін азықтандыру тиімділігі рентабельділіктің негізі болып табылады. Рационды оңтайландыру және азықтың қорытылуы өндіріс шығындарының айтарлықтай төмендеуіне әкеледі, өйткені бұл азық шығындарының ең маңызды бөлігі болып табылады. Экономикалық пайдадан басқа, азық тиімділігін арттыру қоршаған ортаға да оң әсер етеді, соңғы өнім бірлігіне (салмақ қосу, сүт өнімділігі) азық тұтынуды азайту арқылы парниктік газдар мен ластаушы заттар шығарындыларын азайтады. [9].

Бұл зерттеудің мақсаты қазақтың ақбас тұқымды бұқашықтарын азықтандыруда органикалық азықтық қоспасын қолдана отырып азық тұтынуы мен тірілей салмақ қосуы арасындағы байланысты анықтау болды. Осы мақсатта сиыр еті өндірісінің экономикалық пайдалылығын анықтайтын өсу динамикасы, азық тиімділігі көрсеткіштері және азықтың қалдық тұтынылуы зерттелді.

Материалдар мен әдістер

Зертеу жұмысы жүргізілген орын – «Новобратское и К» ЖШС, Ақмола облысы, Бұланды ауданы, Новобратское ауыл. Зерттеу жұмыстары 2025 жылдың қазан-желтоқсан айлары аралығында жүргізілді.

Зерттеуге клиникалық тұрғыдан сау, енесінен айырылған 8–10 айлық, дене бітімі қалыпты және қоңдылығы жақсы, таза қанды қазақтың ақбас тұқымды бұқашықтары таңдалды. Бастапқыда әрқайсысы 10 жануардан тұратын екі топ құрылды. Дегенмен, тәжірибе барысында азықтандыруға қатысы жоқ себептермен әр топтан екі жануар алынып тасталды. Аяқ жарақаттары және Intergado жүйесіне бейімделудің жеткіліксіздігіне байланысты зерттеуден барлығы төрт жануар шығарылды. Осыған орай, өнімділіктің қорытынды талдауы 16 жануардан тұратын топтармен жүргізілді (әр топта $n=8$). Сынақ соңында бұқашықтар 10–12 айлық жаста болды. Жануарлар жасына, шығу тегіне және тірілей салмағына қарай таңдалды. Асыл тұқымды бұқашықтар бағалау станциясында байлаусыз жағдайда, серуендеу алаңында ұсталды. Бұқашықтарды өз өнімділігі бойынша бағалау Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы министрінің 2023 жылғы 25 қаңтардағы № 27 «Асыл тұқымды жануарларға өз өнімділігі бойынша бағалау (сынақтар) жүргізу қағидалары» бұйрығы негізінде жүзеге асырылды.

Сынақ кезеңінде бұқашықтар бірдей азықтандыру және күтіп-бағу жағдайларында ұсталды. Біздің зерттеуімізде тәжірибелік бұқашықтардың рационы фермада өндірілген азықтар мен «Гуммикст» органикалық азықтық қоспасынан тұрды. Бұл азықтық қоспасы 2025 жылғы 12 қыркүйектегі № 11116 патентімен қорғалған. Бұл органикалық азықтық қоспасына калий гуматы, ашытқы, қант, дәнді дақылдар кебегі, Ветом 1, пептон және қаймағы алынбаған сүт алмастырғыш (ЗЦМ) кіреді. Бұл компоненттердің құрылымы мен химиялық құрамының сипаттамасы «Органикалық өнімдерді өндіруге арналған жем қоспасы және оны өндіру әдісі» патентінде берілген. Зерттеу кезеңіндегі азықтандыру рационы бұқашықтардың тірілей салмағы мен физиологиялық жағдайына сәйкес келді (1-кесте).

Рационда 130,5 АЭ (алмасу энергиясы), 10,4 кг ҚЗ (құрғақ зат), 1578,4 г ШП (шикі протеин), 2837,1 г ШЖ (шикі жасұнық), 386,7 г ШМ (шикі май) болды.

1-кесте – Сынақтағы бұқашықтардың рационы

Азықтар	Бақылау тобы	Тәжірибелік топ
Пішен, кг	3	3
Пішендеме, кг	12	12
Құнарлы жем, кг	3	3
Премикс, кг	0,1	-
Гуммикст, кг	-	0,3
Қоректік заттардың мөлшері		
АЭ	130,5	130,5
ҚЗ, г	10400	10400
ШП, г	1578,4	1578,4
ШЖ, г	2837,1	2837,1
ШМ, г	286,7	286,7
Премикс, г	100	-
Гуммикст, г	-	300
Тұз, г	60	
Са, г	58	67
Р, г	27	34

Бұқашықтардың тірілей салмағы INTERGADO (Бразилия) жүйесінде анықталды, ол орташа тәуліктік өсім бойынша күнделікті деректерді алуға мүмкіндік береді, сонымен қатар «Новобратское и К» ЖШС-нің электрондық таразысында жануарлардың салмақтары бақылау өлшемі арқылы анықталды. Алынған мәліметтер тірілей салмақтың орташа тәуліктік өсімін есептеу үшін пайдаланылды.

Орташа тәуліктік өсім келесідей формула (1) бойынша анықталды:

$$A = \frac{W_1 - W_0}{t_1 - t_0} \quad (1)$$

мұндағы, t – алдыңғы салмақтан кейінгі салмаққа дейінгі ұзақтығы (күндермен);

W_0 – кезең басындағы тірілей салмақ;

W_1 – кезең соңындағы тірілей салмақ.

Азық конверсиясы (лат. *conversio* – өзгеріс), мал бордақылау тиімділігін сипаттайтын өндірістік көрсеткіш. Ол азық конверсиясының коэффициенті (feed conversion rate, FCR) арқылы беріледі, ол өндірістік өсімнің бірлігіне жұмсалатын құрғақ зат мөлшерін сипаттайды (2):

$$FCR = \frac{DMI}{ADG} \quad (2)$$

мұндағы, FCR (Feed Conversion Ratio) – азық конверсиясының коэффициенті (азық кг/өсім кг);

DMI (Dry Matter Intake) – тәулігіне құрғақ затты тұтыну (кг/күн);

ADG (Average Daily Gain) – орташа тәуліктік тірілей салмағы (кг/күн).

Жеке күнделікті құрғақ заттардың тұтынылуы (DMI) INTERGADO автоматтандырылған жүйесін пайдалана отырып тіркелді. Осы деректер негізінде азықтың қалдық тұтынылуы (RFI) төмендегі формулалармен есептелді (3, 4):

$$RFI = DMI_{fact} - DMI_{pred} \quad (3)$$

$$DMI_{pred} = \beta_0 + \beta_1 * MBW + \beta_2 * ADG + e \quad (4)$$

мұндағы,

RFI (Residual Feed Intake) – азықтың қалдық тұтынылуы;

DMI_{fact} – азықтың құрғақ затын нақты орташа тәуліктік тұтынуы (кг/тәулік);

DMI_{pred} – азықтың құрғақ затын болжамды орташа тәуліктік тұтыну (кг/тәулік);
MBW (Metabolic Body Weight) – жануардың метаболизмдік дене салмағы, ол дене салмағының 0,75 дәрежесі (BW^{0,75}, кг) ретінде есептеледі;

ADG (Average Daily Gain) – тірілей салмақтың орташа тәуліктік өсімі (кг/тәулік);

β_0 – теңдеудің бос мүшесі (интерцепт);;

β_0 , β_1 – метаболизмдік тірілей салмағы мен орташа тәуліктік өсімге арналған регрессия коэффициенттері;

e – кездейсоқ қателік (регрессия қалдығы), бұл іс жүзінде RFI шамасы болып табылады.

Жануарлардың азықтық мінез-құлықын жеке есепке алу және азықтың қалдық тұтынылуы (RFI) индекcін автоматты түрде анықтау Intergado (Бразилия) цифрлық фенотиптік платформасының кірістірілген популяция алгоритмдері мен регрессия тұрақтылары (β_0 , β_1 , β_2) арқылы жүзеге асырылды, бұл шағын жергілікті үлгінің (n=16) математикалық тұрақсыздығын теңестіру үшін эталон ретінде пайдаланылды. Азықтың қалдық тұтынуының қажетті мөлшері бағдарламалық кешен тарапынан құрғақ заттың нақты тәуліктік көлемінің етті бағыттағы малдарының осы жасыныстық тобына валидацияланған болжамды биологиялық нормадан жеке интерцепт ретінде есептелді.

Сынақтағы бұқашықтарда бағалау кезеңінің соңында тері астындағы майдың қалыңдығы және «бұлшықет көзінің» ауданы анықталды. Бұлшықет көзінің ауданы мен еттің мәрмәрлық дәрежесін тірілей кезінде бағалау 12–13-ші қабырға деңгейінде EXAGO ультрадыбыстық сканерінің көмегімен жүзеге асырылды. Тері астындағы майының қалыңдығы арқаның ең ұзын бұлшықетінің биіктігінің $\frac{3}{4}$ қашықтықта орналасқан нүктеде 12 және 13 қабырғалар арасындағы қабырғааралық кеңістікте ультрадыбыстық сканерлеудің көмегімен алынған кескінді қолдану арқылы өлшенді [11].

Жануарлардың болашақтағы көбею қабілетін бағалау, сынақ кезеңінің соңында өлшеуіш таспаны пайдалана отырып, ұма орамы өлшемін алу арқылы жүзеге асырылды. Бұл параметр көбею әлеуетінің ең маңызды көрсеткіштерінің бірі ретінде саналады. Сынақ кезеңінің соңында өлшеуіш таяқшаны пайдалану арқылы құйымшақ биіктігі де алынды. Барлық өлшеу процедуралары жалпы қабылданған зоотехникалық талаптарға сәйкес келді, бұл нәтижелердің жоғары дәлдігі мен салыстырмалылығын қамтамасыз етті [12].

Статистикалық сипаттамалық деректерді талдау SPSS 25.0 бағдарламалық жасақтамасын пайдалану арқылы жүргізілді.

Нәтижелер

Тірілей салмақ – жануардың өсуі мен дамуының маңызды көрсеткіші және оның өнімділігінің негізгі экономикалық және пайдалы белгілерінің бірі саналады. Өсу мен даму – бұл әр жануардың жеке жетілу процесінің екі жағы, ол тірілей салмақтың және сызықтық өлшемдердің сандық өсуін, сондай-ақ олардың өнімдерін алу үшін көбеюге және ұзақ уақыт пайдалануға жарамды жануарлардың қалыптасуына байланысты сапалық өзгерістерді білдіреді. Өсу процесі – бұл организмдегі құрылымдық элементтердің сандық жинақталуы, нәтижесінде дененің және оның жеке мүшелері мен тіндерінің жалпы массасы (мөлшері) артады [13].

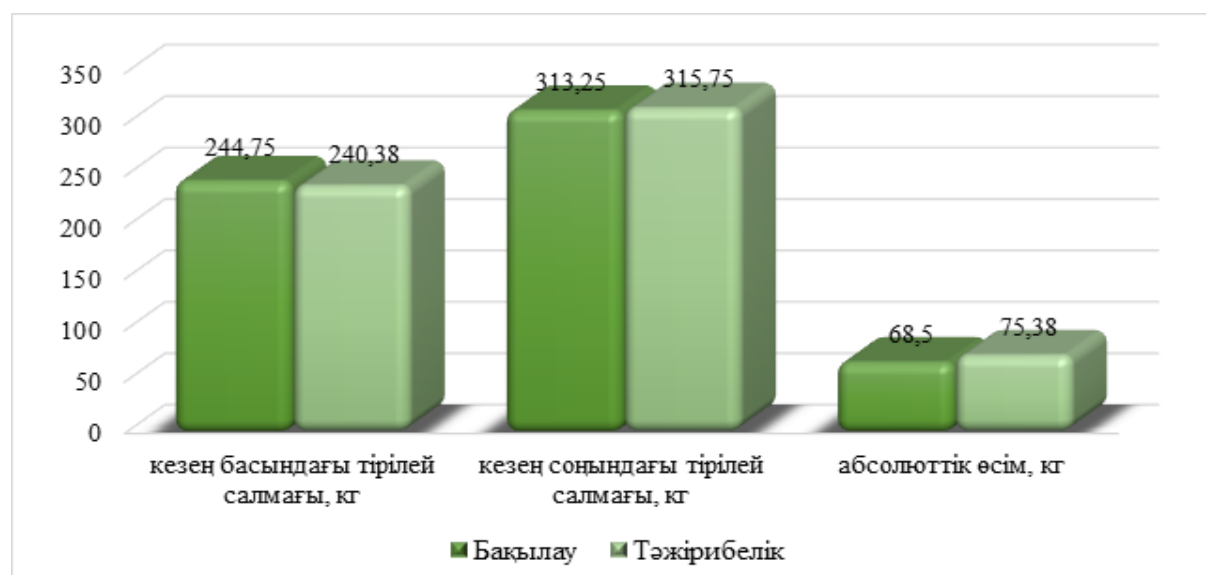
Тірілей салмақтың орташа тәуліктік өсімі өсу қарқынын, сондай-ақ пайдаланылатын азықтандыру рационы мен күтіп-бағу технологиясының өсіп келе жатқан төлдердің қажеттіліктеріне сәйкестігін сипаттайтын негізгі көрсеткіш болып табылады [14].

Ғалымдар өз зерттеулерінде орташа тәуліктік өсімнің төмен деңгейі азықтың қоректілік қасиеттеріне, сондай-ақ етті малдың генетикасына байланысты болуы мүмкін екенін айтады. Төлдерді бірдей азықтандыру және күтіп-бағу жағдайында өсіру кезінде оның мөлшері тек генотипке байланысты. Бұл ереже біздің зерттеулерімізде де расталды. Статистикалық талдау нәтижелері 2-кестеде келтірілген [15].

2-кесте – Қазақтың ақбас тұқымды бұқашықтарының өсу және даму динамикасы, (n=16)

Көрсеткіштер	Топтар		P-value	Бақылауға %
	Бақылау	Тәжірибелік		
Басындағы тірілей салмағы, кг	244,75 ± 4,71	240,38 ± 8,65	<0,012	98,2
Соңындағы тірілей салмағы, кг	313,25 ± 3,46	315,75 ± 6,00	<0,642	100,8
Абсолюттік өсім, кг	68,50 ± 1,92	75,38 ± 4,67	<0,798	110,0
Орташа тәуліктік өсім, г	1630 ± 50	1790 ± 110	<0,389	109,8

Кесте деректеріне сәйкес, бұқашықтардың рационында органикалық азықтық қоспаны қолдану салмақтың өсуінің қарқындылығын қамтамасыз еткенін байқауға болады, бұл тәжірибелі топта орташа тәуліктік өсім бойынша 9,8% (бақылаумен 1630 г салыстырғанда 1790 г) және абсолютті өсім бойынша 10,0% (68,50 кг қарағанда 75,38 кг) артықшылығын білдірді. Жануарлардың жоғары жеке өзгергіштігіне байланысты бұл айырмашылықтар статистикалық маңыздылық деңгейіне жетпегеніне қарамастан (орташа тәуліктік өсім үшін $p < 0,389$ және абсолюттік өсім үшін $p < 0,798$), анықталған өзгерістер метаболизм процестерін оңтайландырудағы азықтық қоспасының биологиялық әлеуетін көрсетеді.



1-сурет – Қазақтың ақбас тұқымды бұқашықтарының өсу және даму динамикасы

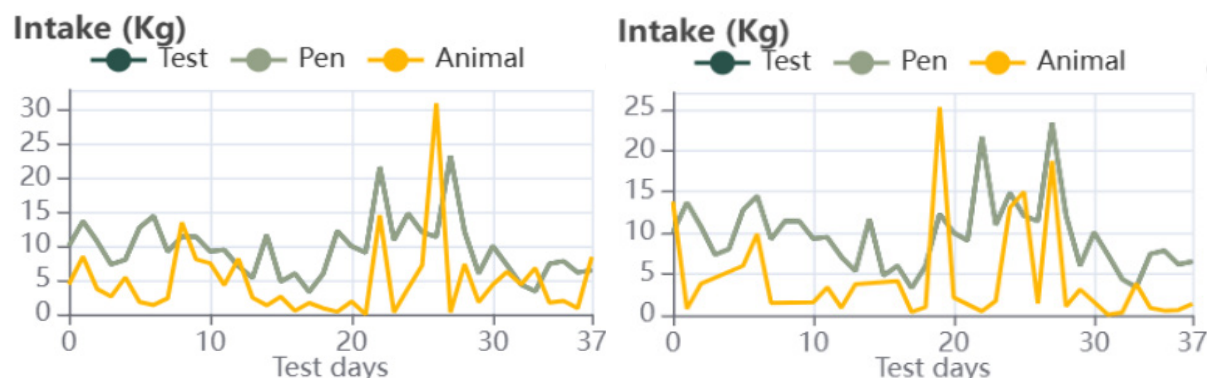
Азықтың қалдық тұтынылуы (RFI) – өнімділігі салыстырмалы деңгейдегі, бірақ тіршілікті қамтамасыз ету мен өнім өндіруге жұмсалатын энергия шығындары бойынша ерекшеленетін жануарларды анықтауға мүмкіндік беретін азықтандыру тиімділігінің көрсеткіші. Жеке дарақтар азық тұтынудың салыстырмалы түрде төмен деңгейінде жоғары өсу қарқынын көрсете алатындығы анықталды, ал басқалары бірдей азықтандыру және ұстау жағдайында оны көп тұтыну кезінде аз өсімге жетеді (3-кесте) [10].

3-кестенің талдауы органикалық қоспаны қолдану тәжірибелік топтағы жануарлардың азық конверсиясының коэффициентін (FCR) 5,9% төмендеткенін көрсетеді (бақылау тобындағы 5,23 кг/кг қарағанда 4,92 кг/кг дейін), бұл құрғақ заттарды тұтыну деңгейі шамалас болған жағдайда (тәулігіне 8,33-8,42 кг) рациондағы қоректік заттардың тиімдірек айналуын көрсетеді. Сонымен қатар, азықтың қалдық тұтынылуы динамикасы (RFI) және құрғақ затты тұтынудың (DMI) шамалы өзгеруі (1,1%) өнімділіктің негізгі өсуіне тұтынылатын азық көлемінің ұлғаюы емес, жануарлардың метаболизмінің және азықтың қорытылу сапасының жақсаруы арқылы қамтамасыз етілгендігі байқалады. Алынған нәтижелер зат алмасу процестерінің оңтайлану үрдісін көрсеткенімен, азық шығыны коэффициентінің жоғары p-мәні (FCR үшін $p < 0,821$) іріктеу жиынтығының осы әсердің статистикалық маңыздылығын нақтылау үшін жеткіліксіз қуатқа ие екенін білдіреді.

3-кесте – Органикалық азықтық қоспаның бұқашықтардың азықты тұтыну өнімділігіне әсері, (n=16)

Көрсеткіштер	Топтар		P-value	Бақылауға %
	Бақылау	Тәжірибелік		
Құрғақ затты тұтыну, кг/күн (DMI)	8,42 ± 0,98	8,33 ± 1,18	<0,473	98,9
Азық конверсиясының коэффициенті (FCR)	5,23 ± 0,72	4,92 ± 0,90	<0,821	94,1
Азықтың қалдық тұтынылуы (RFI)	-1,68 ± 1,25	0,05 ± 1,42	<0,396	3,0

2-суретте сынақ кезеңінде бұқашықтардың күнделікті құрғақ затты тұтыну (DMI) деңгейі көрсетілген.



2-сурет – KZC160334257 және KZC160333782 сәйкестендіру нөмірлері бар бұқашықтардың DMI мысалдары

Бұқашықтардың ет өнімділігін тірілей кезінде бағалау жоғары сапалы еттілік қасиеттері бар жануарларды іріктеудің негізгі құралы болып табылады, бұл өз кезегінде табынның Асыл тұқымды құндылығын арттыруға көмектеседі. Эксперимент барысында алынған бұқашықтардың еттілік қасиеттерін зерттеу нәтижелері 4-кестеде көрсетілген [16].

4-кесте – Бұқашықтардың тірілей кезеңіндегі еттілік көрсеткіштері, (n=16)

Көрсеткіштер	Топтар		P-value	Бақылауға %
	Бақылау	Тәжірибелік		
Бұлшықет көзінің ауданы, см ²	44,19 ± 1,34	45,10 ± 1,91	<0,682	102,1
Май қалыңдығы, мм	2,86 ± 0,14	3,37 ± 0,24	<0,069	117,8

4-кестеге мәліметтеріне сәйкес, еттілік қасиеттерін тірілей кезінде ультрадыбыстық бағалау тәжірибелі топтағы бұқашықтардың «бұлшықет көзінің» ауданы 45,10 см² дейін, бұл бақылау тобынан 2,1% жоғары (p < 0,682). Тері астындағы майдың қалыңдығында ең айқын өсу қарқындылығы байқалды – 17,8% (тәжірибелік топта 3,37 мм қарағанда бақылау тобында 2,86 мм) ұлғайғаны анықталды, бұл статистикалық маңыздылық шегінде (p < 0,069). Нәтижелер органикалық қоспаны қосу бұлшықет жасушаларының қарқынды дамуын және май жамылғысы пайда болуын ынталандыратынын көрсетеді, бұл 10–12 айлық тәжірибелік топтағы бұқашықтардың еттілік көрсеткіштерінің жоғары әлеуетін көрсетеді.

Еттімалды өсіруде ұма орамы мен құйымшақ биіктігі жануарлардың тұқымдық әлеуетін бағалаудың негізгі параметрлері болып табылады. Сантиметрмен өлшенетін ұма орамы бұқашықтардың көбею қабілетін тікелей көрсетеді. Бұқашықтар үшін норма шамамен 32 см деп саналады, өйткені ұманың үлкен мөлшері әдетте сперматозоидтардың көп өндірілуін, сперматогенездің сапасын жақсартуды және олардың ұрпақтарының ерте жыныстық жетілуін білдіреді. Құйымшақ биіктігі өз кезегінде өсу қарқынын, қаңқаның дамуын және ет өнімділігіне жанама әсер ететін жалпы сыртқы ерекшеліктерді көрсетеді. Осы екі көрсеткішті бірге пайдалану бұқашықтардың репродуктивті, өсу және өнімді қасиеттері туралы толық түсінік береді (5-кесте) [12].

5-кесте – Бұқашықтардың дене өлшемдері мен жыныстық жетілу көрсеткіштері, (n=16)

Көрсеткіштер	Топтар		P-value	Бақылауға %
	Бақылау	Тәжірибелік		
Құйымшақ биіктігі, см	114,18 ± 1,83	115,75 ± 1,31	<0,571	101,3
Ұма орамы, см	31,88 ± 0,89	32,50 ± 0,73	<0,524	102,0

Экстерьерлік көрсеткіштерді кешенді бағалау барысында тәжірибелік топтағы бұқашықтардың физикалық дамуының орташа оң динамикасы анықталды: құйымшақ биіктігі 1,3% өсті (бақылаудағы 114,18 см салыстырмалы түрде 115,75 см, $p < 0,571$), бұл ұма орамының 2,0% өсуімен қатар жүрді (бақылау табындағы 31,88 см қарағанда 32,50 см, $p < 0,571$). Алынған нәтижелер бұқашықтардың үйлесімді соматикалық өсуін және органикалық азықтық қоспасын пайдалану кезінде репродуктивті жүйенің неғұрлым қарқынды қалыптасу тенденциясын көрсетеді, бірақ статистикалық сенімділіктің болмауы үлкен жыныстық және жас үлгілерінде қосымша зерттеулер жүргізу қажеттілігін көрсетеді.

Талқылау

Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, органикалық азықтық қоспасы тәжірибелі топтағы бұқашықтардың жоғары өсу қарқынын (+9,8%), азық конверсиясының коэффициенті (FCR) бақылаумен салыстырғанда 5,9% (5,23-тен 4,92-ге дейін) төмендеді, еттілік көрсеткіштерін оңтайландыруды және азықтық антибиотиктерді қолданбай үйлесімді соматикалық дамуды қамтамасыз етті, бұл оның органикалық сиыр етін өндіру перспективасын растайды. FCR және RFI индекстері арасындағы байқалған алшақтық олардың математикалық және биологиялық іргелі айырмашылықтарынан туындайды. Тәжірибелік топтағы FCR-дің төмендеуі азықтық қоспаның әсерінен орташа тәуліктік өсімнің (ADG) артуына байланысты, бұл C. Davison, S.N. Smith және авторлар ұжымы жүргізген зерттеу деректеріне сәйкес келеді. Сонымен қатар, бақылау тобындағы теріс RFI индексі (-1,68) және тәжірибелік топтағы оның нөлге жақын мәні (0,05) RFI өсу қарқынының фенотиптік тәуелсіз көрсеткіші болып табылатындығымен түсіндіріледі, ол тек базальды күтім метаболизмін көрсетеді [17, 18]. Жергілікті үлгінің аз мөлшерімен (n=8) байланысты статистикалық тұрақсыздықты жеңу үшін Intergado автоматтандырылған платформасының валидацияланған көп мыңдық популяциялық тұрақтылары қолданылды. Бұл тексерілген органикалық кешеннің жалпы азық конверсиясының коэффициентін (FCR) таза азықтың қалдық тұтынылуымен (RFI) байланысты генетикалық анықталған метаболикалық жолдарда айтарлықтай өзгерістер тудырмай оңтайландырғаны туралы қорытындыға әкелді. Бұл нәтиже сиыр етінің дифференциалданған өнімділігін бағалау тұжырымдамасына сәйкес келеді [18].

R.G. Leite және бірлескен авторлар жүргізген зерттеулердің нәтижелеріне сәйкес, соңғы жылдары органикалық азықтық қоспаларын (пребиотиктер, пробиотиктер, эфир майлары, өсімдік сығындылары, микроэлементтер) пайдаланудың арту үрдісі байқалды. Бұл олардың метаболикалық процестерге, мекқарындағы ашу процестеріне және жануарлардың өнімділік көрсеткіштеріне оң әсеріне, сондай-ақ бірқатар елдерде дәстүрлі синтетикалық өсу стимуляторларын қолдануға заңнамалық шектеулерге байланысты. Органикалық қоспалар мекқарын микробиотасының оңтайлы күйін сақтауға көмектеседі, бұл жаңа рациондарға бейімделу кезеңдерінде жануарлардың өнімділігін арттыруға әкелуі мүмкін [19].

И.Н. Миколайчик және авторлар тобы жүргізген зерттеулер ірі қара мал төлдерінің рационына ашытқы пробиотикалық қоспаларын қосу ас қорыту процестерін оңтайландыруға және иммундық мәртебені нығайтуға ықпал ететінін көрсетті. Бұл әсерлер өз кезегінде жануарлардың өсу, даму және жалпы өнімділік көрсеткіштерін жақсартуды қамтамасыз ететін механизмнің негізгі құрамдас бөліктері болып табылады [20].

T. Brand және бірлескен ғалымдар ұжымы бордақылау бұқаларының рационында фитогендік қоспаларды қолдану олардың өсу динамикасына және ұша сипаттамаларына, соның ішінде бұлшықет көзінің ауданы сияқты көрсеткіштерге әсер етуі мүмкін екенін анықтады. Бұл жағдайда қоспалардың тиімділігінің олардың нақты түріне және мөлшеріне тәуелділігі байқалады [21].

Біздің зерттеуіміздегі бұқашықтардың тәжірибелік тобында байқалған ұма орамының ұлғаюы В. Дхайгуде және т.б. авторлардың деректерімен сәйкес келеді. Зерттеушілер мұны жыныстық жетілу кезеңінде функционалды микроэлементтер мен витамин-минералды кешендерді мақсатты түрде енгізу гонадотропты функцияны белсендіретіндігімен және репродуктивті жүйенің морфологиялық жетілуін жеделдететіндігімен түсіндіреді. Демек, органикалық азықтық қоспасын қолдану жануарлардың жалпы өсуіне ғана емес, сонымен қатар олардың репродуктивті мүшелерінің дамуына да ықпал етеді, бұл қазақтың ақбас тұқымды бұқашықтарының асыл тұқымды құндылығын ерте бағалау үшін өте маңызды [22].

Қорытынды

Зерттеу көрсеткендей, бұқашықтардың рационына органикалық азықтық қоспасын қосу олардың өнімділігін айтарлықтай жақсартты. Тәжірибелік топ жануарлары орташа тәуліктік өсім бойынша 9,8% (1790 г салыстырғанда 1630 г) және абсолютті өсім бойынша 10,0% (75,38 кг қарсы 68,50 кг) бақылаудан асып түсті. Сонымен қатар, құрғақ затты (тәулігіне 8,33–8,42 кг) бірдей деңгейде тұтынуға қарамастан, азықтандыру тиімділігі едәуір жақсарғанын байқадық: тәжірибелік топтағы азық конверсиясының коэффициенті (FCR) 5,9% жақсарып (4,92 кг/кг дейін) төмендеді, бұл қоректік заттардың тиімді сіңірілуін көрсетеді. Еттілік қасиеттерін тірілей кезінде ультрадыбыстық бағалау 10–12 айға дейін еттілік кондициясының жақсарғанын растады: тәжірибелік топтағы бұлшықет көзінің ауданы 2,1% (45,10 см дейін), ал тері астындағы майдың қалыңдығы 17,8% (3,37 мм қарағанда 2,86 мм) өсті, бұл ұшаның тез жетілуін көрсетеді. Сонымен қатар, қаңқаның үйлесімді дамуы (құйымшақ биіктігі – 115,75 см) және репродуктивті жүйенің (ұма орамы – 32,50 см) байқалды, бұл жоғары асыл тұқымды әлеуетті көрсетеді.

Авторлардың қосқан үлесі

АБ: тақырыпқа қатысты әдебиеттер мен деректерді зерттеп, қолжазбаның жобасын жасады. УР, ШК: қолжазбаны зерттеу мен түзетудің ғылыми тұжырымдамасын негіздеді. ЮК: статистикалық талдау жүргізді және қолжазбаны түзетудің ғылыми тұжырымдамасын негіздеді. КМ, КЕ: зерттеу және биоинформатикаға талдау жүргізді. Барлық авторлар қолжазбаның соңғы нұсқасын оқып, мақұлдады.

Қаржыландыру туралы ақпарат

Бұл зерттеу жұмысын Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі BR21882327 «Ауыл шаруашылығы өнімдерін органикалық өндіру мен қайта өңдеудің жаңа технологияларын әзірлеу» 2023–2025 жж. арналған ғылыми-техникалық бағдарламасы аясында қаржыландырды.

Сондай-ақ, біз «Новобратское и К» ЖШС басшылығы мен қызметкерлеріне қазақтың ақбас жануарларымен зерттеу жүргізуге көмектескені үшін алғысымызды білдіреміз.

Әдебиеттер тізімі

1 Escribano, A.J. (2016). *Organic Livestock Farming Challenges, Perspectives, and Strategies to Increase Its Contribution to the Agrifood System's Sustainability A Review*. In *Organic Farming - A Promising Way of Food Production*. InTech. DOI:10.5772/61272.

2 Ma'rifah, B., Mahfudz, L.D., Muryani, R., Wahyuni, N.M., Suprijatna, E., Sunarti, D., Kismiaty, S., Sarjana, T.A., Shihah, H.D. (2025). Phytobiotic feed additive as a new strategy to replace synthetic antibiotics: a Review. *Journal of Advanced Veterinary Research*, 15(5), 740-745.

3 Ornaghi, M.G., Guerrero, A., Pelaes Vital, A.C., Alves de Souza, K., Cortez Passetti, R.A., Mottin, C., de Araújo Castilho, R., Sañudo, C., Nunes do Prado, I. (2020). Improvements in the quality of meat from beef cattle fed natural additives. *Meat Science*, 163, 108059. DOI:10.1016/j.meatsci.2020.108059.

4 Soares, M.S., Batista, L.H.C., Oliveira, I.M., Issa, H.A.S., Cidrini, I.A., Ferreira, I.M., Costa e Silva, L.F., Koontz, A., Holder, V., Siqueira, G.R. et al. (2023). Effects of a Blend of Live Yeast and Organic Minerals as an Alternative to Monensin on Intake, Digestibility, Performance and Beef Quality

of Nellore Bulls Finished on Pasture with High Concentrate Supplementation. *Agriculture*, 13, 522. DOI:10.3390/agriculture13030522.

5 Schmidt, H., Hagemann, N., Draper, K., Kammann, C. (2019). The use of biochar in animal feeding. *PeerJ.*, 7, e7373. DOI:10.7717/peerj.7373.

6 Zhang, Y., Zhao, X., Chen, W., Zhou, Z., Meng, Q., Wu, H. (2019). Effects of Adding Various Silage Additives to Whole Corn Crops at Ensiling on Performance, Rumen Fermentation, and Serum Physiological Characteristics of Growing-Finishing Cattle. *Animals*, 9, 695. DOI:10.3390/ani9090695.

7 Tilepova, A., Arney, D.R., Bostanova, S., Uskenov, R. (2024). Evaluation of Qazaq Aqbas bulls' feed efficiency traits for breeding goals: A case study. *Smart Agricultural Technology*, 9, 100554. DOI: 10.1016/j.atech.2024.100554.

8 Statham, J., Burton, K., Spilman, M. (2019). Looking after the bull: guide to management and assessment of fertility. In *Practice*, 41, 69-83. DOI:10.1136/inp.l363.

9 Lee, B., Choi, Y.M. (2019). Correlation of marbling characteristics with meat quality and histochemical characteristics in longissimus thoracis muscle from hanwoo steers. *Food Sci. Anim. Resour.*, 39(1), 151–161. DOI:10.5851/kosfa.2019.e12.

10 Uskenov, R., Akkair, B., Bostanova, S., Konca, Yu., Strelets, A. (2024). The relationships between the types of temperament on residual feed intake and the productivity of Kazakh White-Headed bulls. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 12(2), 2024015. DOI:10.31893/jabb.2024015.

11 Ускенов, Р.Б., Конджа, Ю., Бостанова, С.К., Стрелец, А.В., Аккаир, Б.Ж. (2023). Рост и развитие бычков казахской белоголовой породы в зависимости от темперамента. *Вестник науки Казахского агротехнического исследовательского университета имени С.Сейфуллина (междисциплинарный)*, 2(117), 51-59.

12 Бисекенов, Н.Р., Бисекенов, А.Н., Сагинбаев, А.К., Бисембаев, А.Т., Тобагулов, А.М., Морозов, М.А., Жанбуршинов, З.А. (2015). Изучение применимости методики североамериканской системы оценки бычков по собственной продуктивности в условиях Республики Казахстан на примере испытания бычков аулиекольской породы в ТОО «Москалевское». *Животноводство и кормопроизводство*, 4(92), 63-69.

13 Nurgazy, B., Ibraeva, R., Akhmetova, B., Gabit, G., Nuraliyeva, U. (2019). Livestock development in Kazakhstan: peculiarities about the growth and development of young animals from meat breeds of cattle with different genotypes (researchbase LLP «Agrofirma Dinara - Ranch»). *Journal: Revista Espacios*, 42, 6-15.

14 Никонова, Е.А., Косилов, В.И., Нуржанов, А. А., Прохорова, М.С., Неверова, О.П. (2018). Рост и развитие бычков казахской белоголовой породы и её помесей с герефордами. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*, 2(70), 205-207.

15 Uskenov, R., Yengsebek, T., Kurzhykaev, Zh., Bostanova, S., Akkair, B. (2024). The relationship between dry matter intake and the average daily gain. *BIO Web of Conferences 85 I-CRAFT-20 23*, 01006. DOI:10.1051/bioconf/20248501006.

16 Ускенов, Р., Аккаир, Б., Конджа, Ю. (2022). Қазақтың ақбас тұқымды бұқашықтарының темпераментінің құрғақ затты тұтынуға және азықты конверсиялауға әсері. *С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университетінің Ғылым жаршысы (пәнаралық)*, 3 (114), 4-11.

17 Davison, C., Michie, C., Tachtatzis, C., Andonovic, I., Bowen, J., Duthie, C.-A. (2023). Feed Conversion Ratio (FCR) and Performance Group Estimation Based on Predicted Feed Intake for the Optimisation of Beef Production. *Sensors*, 23(10), 4621. DOI:10.3390/s23104621.

18 Smith, S.N., Davis, M. E., Loerch, S.C. (2010). Residual feed intake of Angus beef cattle divergently selected for feed conversion ratio. *Livestock Science*, 132(1-3), 41-47. DOI: 10.1016/j.livsci.2010.04.019.

19 Leite, R.G., Romanzini, E.P., Delevatti, L.M., Hoffmann, A., Ferrari, A.C., D'Aurea, A.P., Fernandes, L.B., Oliveira, A.P., Reis, R.A. (2019). Organic additives used in beef cattle feedlot: Effects on metabolic parameters and animal performance. *Anim Sci J.*, 90(5), 628-636. DOI:10.1111/asj.13183.

20 Миколайчик, И.Н., Морозова, Л.А., Ступина, Е.С., Субботина, Н.А. (2017). Влияние дрожжевых пробиотических добавок на рост и развитие молодняка крупного рогатого скота. *Животноводство и кормопроизводство*, 1(97), 86-92.

21 Brand, T., Hünnerberg, M., McAllister, T.A., He, M., Saleem, A.M., Shen, Y., Miller, B., Yang, W. (2019). Impact of a phytogenic feed additive on growth performance, feed intake, and carcass traits of finishing steers. *Translational Animal Science*, 3(4), 1162-1172. DOI:10.1093/tas/txz109.

22 Dhaigude, V., Chaudhary, P., Nair, P.M., Naliyapara, H., Bhakat, M., Mondal, G. (2025). Effects of specific micronutrients on semen quality and reproductive outcomes in peripubertal sahiwal bulls. *Biological Trace Element Research*, 204, 1113-1129. DOI:10.1007/s12011-025-04733-8.

References

1 Escribano, A.J. (2016). *Organic Livestock Farming Challenges, Perspectives, and Strategies to Increase Its Contribution to the Agrifood System's Sustainability A Review*. In *Organic Farming - A Promising Way of Food Production*. InTech. DOI:10.5772/61272.

2 Ma'rifah, B., Mahfudz, L.D., Muryani, R., Wahyuni, N.M., Suprijatna, E., Sunarti, D., Kismiati, S., Sarjana, T.A., Shihah, H.D. (2025). Phytobiotic feed additive as a new strategy to replace synthetic antibiotics: a Review. *Journal of Advanced Veterinary Research*, 15(5), 740-745.

3 Ornaghi, M.G., Guerrero, A., Pelaes Vital, A.C., Alves de Souza, K., Cortez Passetti, R.A., Mottin, C., de Araújo Castilho, R., Sañudo, C., Nunes do Prado, I. (2020). Improvements in the quality of meat from beef cattle fed natural additives. *Meat Science*, 163, 108059. DOI:10.1016/j.meatsci.2020.108059.

4 Soares, M.S., Batista, L.H.C., Oliveira, I.M., Issa, H.A.S., Cidrini, I.A., Ferreira, I.M., Costa e Silva, L.F., Koontz, A., Holder, V., Siqueira, G.R. et al. (2023). Effects of a Blend of Live Yeast and Organic Minerals as an Alternative to Monensin on Intake, Digestibility, Performance and Beef Quality of Nelore Bulls Finished on Pasture with High Concentrate Supplementation. *Agriculture*, 13, 522. DOI:10.3390/agriculture13030522.

5 Schmidt, H., Hagemann, N., Draper, K., Kammann, C. (2019). The use of biochar in animal feeding. *PeerJ*, 7, e7373. DOI:10.7717/peerj.7373.

6 Zhang, Y., Zhao, X., Chen, W., Zhou, Z., Meng, Q., Wu, H. (2019). Effects of Adding Various Silage Additives to Whole Corn Crops at Ensiling on Performance, Rumen Fermentation, and Serum Physiological Characteristics of Growing-Finishing Cattle. *Animals*, 9, 695. DOI:10.3390/ani9090695.

7 Tilepova, A., Arney, D.R., Bostanova, S., Uskenov, R. (2024). Evaluation of Qazaq Aqbas bulls' feed efficiency traits for breeding goals: A case study. *Smart Agricultural Technology*, 9, 100554. DOI:10.1016/j.atech.2024.100554.

8 Statham, J., Burton, K., Spilman, M. (2019). Looking after the bull: guide to management and assessment of fertility. *In Practice*, 41, 69-83. DOI:10.1136/inp.l363.

9 Lee, B., Choi, Y.M. (2019). Correlation of marbling characteristics with meat quality and histochemical characteristics in longissimus thoracis muscle from hanwoo steers. *Food Sci. Anim. Resour*, 39(1), 151-161. DOI:10.5851/kosfa.2019.e12.

10 Uskenov, R., Akkair, B., Bostanova, S., Konca, Yu., Strelets, A. (2024). The relationships between the types of temperament on residual feed intake and the productivity of Kazakh White-Headed bulls. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 12(2), 2024015. DOI:10.31893/jabb.2024015.

11 Uskenov, R.B., Konca, Yu., Bostanova, S.K., Strelets, A.V., Akkair, B.Zh. (2023). Rost i razvitie bychkov kazakhskoi belogolovoi porody v zavisimosti ot temperamenta. *Vestnik nauki Kazakhskogo agrotekhnicheskogo issledovatel'skogo universiteta imeni S.Seifullina (mezhdistsiplinaryi)*, 2(117), 51-59. [in Russ].

12 Bisekenov, N.R., Bisikenov, A.N., Saginbaev, A.K., Bisembaev, A.T., Tobagulov, A.M., Morozov, M.A., Zhanburshinov, Z.A. (2015). Izuchenie primenimosti metodiki severoamerikanskoi sistemy otsenki bychkov po sobstvennoi produktivnosti v usloviakh Respubliki Kazakhstan na primere ispytaniia bychkov auliekolskoi porody v TOO "Moskalevskoe". *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*, 4 (92), 63-69. [in Russ].

13 Nurgazy, B., Ibraeva, R., Akhmetova, B., Gabit, G., Nuraliyeva, U. (2019). Livestock development in Kazakhstan: peculiarities about the growth and development of young animals from meat breeds of cattle with different genotypes (researchbase LLP «Agrofirma Dınara - Ranch»). *Journal: Revista Espacios*, 42, 6-15.

14 Nikonova, E.A., Kosilov, V.I., Nurzhanov, A. A., Prokhorova, M.S., Neverova, O.P. (2018). Rost i razvitie bychkov kazakhskoi belogolovoi porody i ee pomesei s gerefordami. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2(70), 205-207. [in Russ].

15 Uskenov, R., Yengsebek, T., Kurzhykaev, Zh., Bostanova, S., Akkair, B. (2024). The relationship between dry matter intake and the average daily gain. *BIO Web of Conferences 85 I-CRAFT-20 23*, 01006. DOI:10.1051/bioconf/20248501006.

16 Uskenov, R., Akkair, B., Kondzha, Y.U. (2022). Qazaqtyń aqbas tuqymdy buqashyqtarynyń temperamentiniń qurǵaq zatty tutynýǵa jáne azyqty konversialaýǵa áseri. *S.Seıfıllin atyndaǵy Qazaq agrotehnikalyq ýniversitetiniń Ğylım jarshysy (pánaralyq)*, 3(114), 4-11. [in Kaz].

17 Davison, C., Michie, C., Tachtatzis, C., Andonovic, I., Bowen, J., Duthie, C.-A. (2023). Feed Conversion Ratio (FCR) and Performance Group Estimation Based on Predicted Feed Intake for the Optimisation of Beef Production. *Sensors*, 23(10), 4621. DOI:10.3390/s23104621.

18 Smith, S.N., Davis, M.E., Loerch, S.C. (2010). Residual feed intake of Angus beef cattle divergently selected for feed conversion ratio. *Livestock Science*, 132(1-3), 41-47. DOI: 10.1016/j.livsci.2010.04.019.

19 Leite, R.G., Romanzini, E.P., Delevatti, L.M., Hoffmann, A., Ferrari, A.C., D'Aurea, A.P., Fernandes, L.B., Oliveira, A.P., Reis, R.A. (2019). Organic additives used in beef cattle feedlot: Effects on metabolic parameters and animal performance. *Anim Sci J.*, 90(5), 628-636. DOI:10.1111/asj.13183.

20 Mikolajchik, I.N., Morozova, L.A., Stupina, E.S., Subbotina, N.A. (2017). Vliyanie drozhzhevyh probioticheskikh dobavok na rost i razvitie molodnyaka krupnogo rogatogo skota. *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*, 1(97), 86-92. [in Russ].

21 Brand, T., Hünerberg, M., McAllister, T.A., He, M., Saleem, A.M., Shen, Y., Miller, B., Yang, W. (2019). Impact of a phytogenic feed additive on growth performance, feed intake, and carcass traits of finishing steers *Translational Animal Science*, 3(4), 1162-1172. DOI:10.1093/tas/txz109.

22 Dhaigude, V., Chaudhary, P., Nair, P.M., Naliyapara, H., Bhakat, M., Mondal, G. (2025). Effects of Specific Micronutrients on Semen Quality and Reproductive Outcomes in Peripubertal Sahiwal Bulls. *Biological Trace Element Research*, 204, 1113-1129. DOI:10.1007/s12011-025-04733-8.

Влияние органической кормовой добавки на рост и развитие бычков казахской белоголовой породы

Арын Б.Е., Ускенов Р.Б., Конджа Ю., Шайкенова К.Х., Калмагамбетов М.Б.
Кухар Е.В.

Аннотация

Предпосылки и цель. В данной публикации рассматривается перспектива развития аграрного сектора, где органическое животноводство выступает ключевым стратегическим направлением. Его основные преимущества – повышение экологической безопасности продукции, улучшение условий содержания скота и уменьшение негативного влияния человека на природу. Центральной особенностью такой системы является приоритетное использование естественных пастбищ и природных кормовых добавок, что позволяет эффективно повышать продуктивность без применения искусственных веществ. Несмотря на отсутствие на сегодняшний день практического опыта реализации в Казахстане, данное направление демонстрирует высокий потенциал для масштабного развития и формирования экспортного сегмента органической продукции. Целью данного исследования являлась оценка влияния органической кормовой добавки на показатели роста, кормовой эффективности, мясной продуктивности и морфометрические параметры бычков мясного направления.

Материалы и методы. Эксперимент проводился в период с октября по декабрь 2025 года на базе ТОО «Новобратское и К» (Акмолинская область, Буландынский район). Для исследования были отобраны клинически здоровые чистопородные бычки казахской белоголовой породы в возрасте 8–10 месяцев после отъема. Животные содержались в одинаковых условиях, а эффективность контроля кормления обеспечивалась системой INTERGADO. Бычки опытной

группы вместо премикса получали органическую кормовую добавку в объеме 0,3 кг (патент №11116 от 12.09.2025 г.).

Результаты. Результаты по оценке бычков по собственной продуктивности показали улучшение показателей роста у опытной группы. Живая масса составила 315,75 кг по сравнению с 313,25 кг, а среднесуточный и абсолютный прирост увеличился на 9,8 и 10,0% соответственно. Коэффициент конверсии корма улучшился (4,92 по сравнению с 5,23) при одинаковом потреблении сухого вещества. Отмечена также незначительная, но положительная динамика морфометрических показателей опытной к контрольной группе: высоты в крестце ($115,75 \pm 1,31$ по сравнению с $114,18 \pm 1,83$ см) и обхвата мошонки ($32,50 \pm 0,73$ по сравнению с $31,88 \pm 0,89$ см).

Заключение. Полученные результаты свидетельствуют о положительном влиянии органической кормовой добавки на интенсивность роста, эффективность использования корма, мясные качества и морфометрические показатели, в том числе связанные с репродуктивным развитием бычков мясного направления.

Ключевые слова: бычки; органическая кормовая добавка; живая масса; среднесуточный прирост; оценка по собственной продуктивности; мясное скотоводство.

The effect of organic feed additives on the growth and development of Kazakh white-headed bull calves

Bexultan E. Aryn, Rashit B. Uskenov, Yusuf Konca, Kymbat K. Shaikenova
Murat. B. Kalmagambetov, Yelena V. Kukhar

Abstract

Background and Aim. This publication examines the prospects for the development of the agricultural sector, where organic animal husbandry is a key strategic area. Its main advantages are to increase the environmental safety of products, improve livestock conditions and reduce the negative impact of humans on nature. The central feature of such a system is the priority use of natural pastures and natural feed additives, which makes it possible to effectively increase productivity without the use of artificial substances. Despite the current lack of practical implementation experience in Kazakhstan, this area demonstrates a high potential for large-scale development and the formation of an export segment of organic products. The purpose of this study was to evaluate the effect of an organic feed additive on the growth, feed efficiency, meat productivity and morphometric parameters of meat-producing calves.

Materials and Methods. The experiment was conducted from October to December 2025 at Novobratskoye & K LLC (Bulandy District, Akmola Region). Clinically healthy purebred Kazakh Whitehead bulls aged 8-10 months after post-weaning were selected for the study. The animals were maintained under identical conditions, and effective feeding control was ensured by the INTERGADO system. Bulls in the experimental group received 0.3 kg of organic feed supplement instead of premix (Patent № 11116, dated September 12, 2025).

Results. The results of the bull calves' assessment of their own productivity showed an improvement in the growth rates of the experimental group. The live weight was 315.75 kg versus 313.25 kg, and the average daily gain and absolute growth increased by 9.8% and 10.0%, respectively. The feed conversion rate improved (4.92 versus 5.23) with the same dry matter intake. There was also a slight but positive trend in the morphometric parameters of the experimental and control group: height in the sacrum (115.75 ± 1.31 versus 114.18 ± 1.83 cm) and scrotum circumference (32.50 ± 0.73 versus 31.88 ± 0.89 cm).

Conclusion. The results indicate a positive effect of the organic feed additive on the growth rate, feed utilization efficiency, meat quality and morphometric parameters, including those related to the reproductive development of meat-producing calves.

Keywords: bulls; organic feed additives; weight; average daily gain; individual productivity assessment; beef cattle breeding.

Дәйексөз үшін: Тайшибаева, Э.У., Мамырбеков, Ж.Ж., Махмаджанов, С.П., Айтбаева, А.Т., Зоржанов, Б.Д. (2026). Қазақстанның оңтүстік-шығысы жағдайында топырақ-климаттық жағдайлар мен агротехникалық тәсілдердің қауын дақылының (*Cucumis melo* L.). *Еуразиялық агротехникалық журнал*, 2(130), 78-92. DOI: [https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2\(130\).2180](https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2(130).2180).

ӘОЖ 633.63:631.5:631.4(574)

Зерттеу мақаласы

Қазақстанның оңтүстік-шығысы жағдайында топырақ-климаттық жағдайлар мен агротехникалық тәсілдердің қауын дақылының (*Cucumis melo* L.) өнімділігі мен өнім сапасына әсері

Тайшибаева Э.У.¹ , Мамырбеков Ж.Ж.¹ , Махмаджанов С.П.² , Айтбаева А.Т.¹ 
Зоржанов Б.Д.¹ 

¹«Қазақ жеміс және көкөніс шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты» ЖШС
«Қайнар» өңірлік филиалы, Алматы облысы, Қарасай ауданы, Қайнар ауылы, Қазақстан
²«Мақта және бақша ауыл шаруашылығы тәжірибе станциясы» ЖШС
Түркістан, Мақтаарал ауданы, Қазақстан

Корреспондент авторы: Тайшибаева Э.У.: ms.t.elvira@mail.ru

Бірлескен авторлар: (1: ЖЖ) mamyrbekov.zh70@mail.ru; (2: СП) max_s1969@mail.ru
(3: АТ) aitbayeva_at@mail.ru; (4: БД) berik_zorzhannov@mail.ru

Келіп түсті: 27.03.2026 **Қабылданды:** 11.06.2026 **Жарияланды:** 30.06.2026

Авторлық құқық: Тайшибаева Э.У. т.б. Бұл мақала ашық қолжетімділікте жарияланып, Creative Commons Attribution 4.0 халықаралық лицензиясының шарттарына сәйкес таратылады (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Түйін

Алғышарттар мен мақсат. Қазақстандық қауын (*Cucumis melo* L.) әлемге татымды жемістерімен аса танымал. Бүгінде ішкі нарық қауын өнімдерімен толық қамтамасыз етіліп отыр, дегенмен, экспорттық әлеуетін арттыру мақсатында өндіріс алқаптарын ұлғайту қажет. Елімізде бақша өндірісінің басым бөлігі оңтүстік және оңтүстік-шығыс өңірлерінде шоғырланған, себебі аталған өңірлердің топырақ-климаттық жағдайлары қауын дақылын үлкен көлемде өндіруге мүмкіндік береді. Осыған орай, біздің зерттеулеріміз Қазақстанның оңтүстік-шығысы жағдайында қауын дақылының өнімділігі мен жеміс сапасына топырақ типтерінің әсерін кешенді бағалауға, тиімді себу нобайын, өсімдіктердің оңтайлы отырғызу тығыздығы мен себу мерзімдерін анықтау арқылы қауын өсірудің тиімді агротехникалық тәсілдерін жетілдіруге бағытталды.

Материалдар мен әдістер. Ғылыми-зерттеулер 2024–2025 жж. аралығында «Қазақ жеміс және көкөніс шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты» ЖШС «Қайнар» өңірлік филиалында және «Жаңалық» шаруа қожалығы жағдайында жүргізілді. Тәжірибелер 4 қайталанымда, жүйелі блоктар әдісімен қойылды. Зерттеуде қауынның пісу мерзімі әртүрлі 5 сұрыбы қолданылды. Алынған нәтижелер статистикалық өңдеуден өткізілді.

Нәтижелер. Зерттеу нәтижелері гранулометриялық құрамы бойынша құмай, құрылымы түйіртпекті, кәдімгі боз топырақ жағдайында өсірілген қауын жемістерінің өнімділігі мен сапалық көрсеткіштері жоғары болғаны анықталды. Бұл топырақ-климаттық жағдайында өнімділік орташа құмбалшықты, күңгірт қара-қоңыр топырақпен салыстырғанда 6,7- 48,5%-ға жоғары болды.

Сонымен қатар, қауын дақылының өнімділігі мен сапалық көрсеткіштері себу мерзімі мен өсімдік тығыздығына тікелей тәуелді болатыны анықталды. Өсімдіктердің шамадан тыс тығыз орналасуы өнімділіктің төмендеуіне әкелді. Зерттеу нәтижелері қауын өсіру үшін ең тиімді себу нобайы 280×70×70 см және өсімдіктерді оңтайлы тұру тығыздығы 10,2 мың дана/га екені дәлелденді. Тұқымдық материалды мамыр айының I-II-онкүндіктерінде себу, жоғары өнім

қалыптастыруға, жемістердегі құрғақ заттар мен жалпы қант мөлшерін арттыруға және дәмдік сапасын жақсартуға оң әсер ететіні белгіленді.

Қорытынды. Қауын дақылының өнімділігі мен жемістерінің сапасын арттыру үшін өңірдің топырақ-климаттық ерекшеліктерін ескере отырып, себу мерзімдерін дұрыс таңдау және өсімдік тығыздығын оңтайландыру шешуші рөл атқарады. Зерттеу нәтижелері тиімді агротехникалық тәсілдерді қолдану арқылы қауын дақылының өнімділігін арттыруға және өндірістің тиімділігін жоғарылатуға мүмкіндік беретінін дәлелдейді.

Кілт сөздер: қауын (*Cucumis melo* L.); сұрып; топырақ-климаттық жағдайлар; агротехнологиялар; өнімділік; сапалық көрсеткіштер.

Кіріспе

Бақша шаруашылығы – Қазақстанның ауыл шаруашылығының негізгі саласы. Қазақ тағамтану академиясының ұсынысы бойынша, адам басына шаққанда тұтынылатын қажетті бақша дақылдары мөлшері жылына 26 кг.

Қазақстанның табиғи-климаттық жағдайы бақша дақылдарын үлкен көлемде өндіруге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, бақша шаруашылығы елімізде экономикалық тұрғыдан тиімді болып табылады. Бүгінде бақша дақылдары 105 мың га алқапта өндіріліп, орташа өнімділік деңгейі 24 т/га көлемін құрайды [1]. Ішкі нарық бақша өнімдерімен толық қамтамасыз етілген, дегенмен сыртқы нарыққа шығу үшін, өнімділікті арттыру мақсатында агротехникалық іс-шараларды жетілдіру аса маңызды және үлкен тәжірибелік маңызға ие. Бүгінде елімізде бақша дақылдарының танымал отандық сұрыптары Мемлекеттік селекциялық тізіміне енген. Соның ішінде қарбыздың 37 сұрыбы және қауын дақылының 29 сұрыбы бар. Тізімге енген қарбыз дақылының 12 сұрыбы және қауынның 19 сұрыбы (65,5%) «Қазақ жеміс-көкөніс шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты» ЖШС селекционер ғалымдарымен шығарылған [2].

Қауын (*Cucumis melo* L.) – асқабақ тұқымдастарына (*Cucurbitaceae*) жататын, бақша дақылдары ішінде құндылығы жоғары, жылы және құрғақ климатты белдеулерде кеңінен өсірілетін дақыл [3, 4].

Қауын жоғары икемділігі және бейімделгіштігімен сипатталады, дегенмен, өнімділігінің тұрақтылығы оңтайлы агротехникалық жағдайларға, соның ішінде, негізінен температуралық режимге, топырақ құрылымы мен себу мерзімдеріне аса тәуелді келеді. Сонымен қатар, күртконтинентальді климаттық жағдайда, қауынды себу мерзімі топырақ температурасының 10 см тереңдігі қабатындағы температурасы – 14–16 °C жылынғанда жүргізген тиімді екендігін көрсетеді. Бұл Қазақстанның оңтүстік-шығысы тау бөктері аумағында мамыр айының II-онкүндігіне тура келеді. Тұқымның оңтайлы себу тереңдігі, топырақ типтеріне қарай 4–6 см аралығында [5].

Қауын тұқымдарын кеш себу өсу және даму үрдістеріне кері әсерін тигізеді. Кеуіп қалған топырақ қабатына себілген тұқымдар ылғалдың жетіспеуі салдарынан бірбеткейсіз өніп-өсіп, керісінше қатты қызып кеткенде, мүлдем өнбейді. Кеш себу салдарынан, жемістердің қалыптасуы баяулап, техникалық пісіп-жетілуі күзгі үсіктерге тура келуі мүмкін және өнімділікті күрт төмендетеді [6].

Басқа зерттеулер бойынша, қауын өнімділігін арттыру мақсатында өңірдің топырақ-климаттық жағдайларына байланысты сұрыптардың пісіп-жетілуі мерзімдерін ескеру қажет, себебі, сұрыптар түрлі пісу мерзімдерімен ерекшеленіп, ерте, орташа және кеш пісетіндеріне қарай бөлінеді.

Көптеген зерттеулер, қауын өндірісінде мол өнім алу принципі агротехникалық іс-шараларды жетілдіруге бағытталған. Соның ішінде, қауын жемістерінің мол өнімін қалыптастыруда себу мерзімдері мен тығыздығын оңтайландыру негізгі және аса маңызды факторларға жатады. Деректер бойынша, қауын дақылының тиімді себу тығыздығы бір гектарға шаққанда 7,7–12,8 мың дана өсімдікті құрау керек. Одан артық тығыздау ылғал мен қоректік элементтер қорының жетіспеушілігін тудырып, ал сирек отырғызу, егіс телімдерін тиімсіз пайдалануға алып келеді [7]. Басқа мәліметтер бойынша, қауын дақылының тығыздығының ұсынылған шектен артуы өнімділіктің төмендеуіне ықпал етеді, себебі, қоректік заттардың жетіспеуіне байланысты

бір түптегі жемістер саны мен олардың массасы едәуір төмендейді. Сондай-ақ, өсімдіктер арасындағы тығыздықтың жоғары болуы, агротехникалық іс-шараларды орындауға кедергі келтіріп, қатараралық жұмыстардың (пәлектерді аудару, арамшөптермен күресу, топырақты қопсыту, өсімдіктерді сирету, тыңайтқыш енгізу, суғару сияқты және т.б.) тиімді жүргізілуін шектейді. Қауын өсімдіктерін 25 мың және 50 мың дана тығыздықпен екенде, жемістер майдаланып, ал тығыздықты 10 мың және 16 мың дана көлемінде сақтағанда, жемістер іріленіп, олардың салмағының артқаны зерттеулермен дәлелденген [8]. Шетелдік зерттеулерде, өсімдік тығыздығын 1 м² аумаққа 2,0 өсімдіктен – 8,0 өсімдікке арттыру, қауын дақылының сапалық көрсеткіштерін төмендететінін көрсеткен. Бұндай тығыздықта өсірілген қауын жемістерінің құрамындағы құрғақ заттар мөлшері 1,5 есе төмен болған. Ұқсас нәтижелер басқа да зерттеулермен дәлелденеді. Деректер бойынша, тығыздығы 11,09 мың дананы құраған тәжірибе нұсқаларында қауын жемістерінің дәмдік сапасы жақсарып, құрғақ заттар көрсеткіші 10,2% артып, қосымша 7,03 т/га өнімділік алынған [9].

Қауын дақылы өзінің биологиялық ерекшеліктеріне байланысты топырақ типтеріне үлкен талап қояды. Сол себепті, қауынды өсіру үшін құмбалшықты, құмды-саздақты топырақтарды таңдаған жөн. Зерттеулер берілген топырақ типтерінде өсірілген қауынның тамыр жүйесі 40–70 см тереңдікке таралғаны, ал орта және ауыр құмбалшықты топырақтарда небәрі 30 см тереңдікке жеткенін көрсетеді [11].

Бақша дақылдарын себу нобайы барынша оңтайлы болуы қажет, себебі, келешекте дақылдардың сапасы мен тауарлық жемістерінің шығуын қамтамасыз ететін қоректену аумағын анықтайды. Сол себепті, қатараралықтар кең болуы тиіс. Бақша дақылдарын орналастыру сұрыптардың биологиялық ерекшеліктері мен жергілікте топырақ-климаттық жағдайларына және механикалық жұмыстарға тәуелді келеді. Сондақ-ақ, топырақты себу алдында дұрыс өңдеудің де маңыздылығы жоғары. Сол себепті, ылғал үнемдейтін топырақ өңдеу жүйелеріне назар аударған дұрыс. Топырақтың борпылдақ болуы, тамыр жүйесінің тереңдеуіне ықпал етеді. Көктемгі топырақ өңдеу жұмыстарын 27–30 см жүргізу аса тиімді [11, 12].

Зерттеулерге шолу жасау қауын дақылының сұрыптық потенциалын толық ашу мақсатында топырақ-климаттық жағдайлар, қолданылатын агротехникалық іс-шаралар, тасымалдау және сақтау сияқты факторлардың өнімділік деңгейі мен сапасына аса қатты ықпал ететіндігін көрсетеді. Соның ішінде, реттелмелі факторларға себу нобайлары мен оңтайлы өсімдік тығыздығын сақтау және себу мерзімдерін ұстану жатады. Қазақстанның оңтүстік-шығысының тау бөктері аймағының топырақтары гранулометриялық құрамы бойынша орташа құмбалшықты және құмайт типіне жатады, құрылымы түйіртпекті, ал генетикалық типі күңгірт қара-қоңыр және кәдімгі боз топырақтарымен сипатталады. Осы орайда, аталған топырақ типтерінде қауын дақылының өнім қалыптастыру ерекшеліктерін салыстыра отырып зерттеу жұмыстарының ғылыми маңыздылығы мен тәжірибелік құндылығы артады. Қауын дақылын өндіру бойынша агротехникалық іс-шараларды жетілдіруге бағытталған зерттеулер бұл өңірде бұрын соңды жүргізілмеген және өте өзекті болып табылады.

Материалдар мен әдістер

Ғылыми-зерттеу жұмыстары 2024–2025 жылдары Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы Іле Алатауының солтүстік тау бөктерінде (теңіз бетінен 1000–1050 м) орналасқан «Қазақ жеміс-көкөніс шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты» ЖШС «Қайнар» өңірлік филиалы «Бақша дақылдарының селекциясы» бөлімінде жүргізілді.

Ғылыми жұмыстар үш негізгі экспериментальді бағыттар бойынша зерттелді. Бірінші, қауын сұрыптарының әртүрлі топырақ-климаттық жағдайларда өнімділік әлеуеті мен жемістерінің сапалық көрсеткіштері екі түрлі топырақ типтерінде бағаланды. Екінші бағытта қауын дақылы үшін тиімді себу нобайлары мен өсімдіктердің отырғызу тығыздығы зерттелді. Үшінші бағытта дақылдың оңтайлы себу мерзімдері анықталды. Осы аталған бағыттар негізінде қауын сұрыптарының өнімділік әлеуеті мен сапалық көрсеткіштері, сондай-ақ, өсірудің тиімді агротехникалық тәсілдері кешенді зерттелді.

Зерттеу нысаны ретінде пісіп-жетілуі мерзімдері бойынша ерекшеленетін қауынның 5 сұрыбы алынды: Таисия – өте ерте пісетін, Алтыночка – ерте пісетін, Шұғыла – орташа-ерте пісетін, Майская – орташа-ерте пісетін, Муза – орташа-кеш пісетін сұрыптар.

Тәжірибелер жүйелі блоктар әдісі бойынша 4 қайталанымда жүргізілді. Әр тәжірибе мөлдегінің жалпы ауданы 100 м² құрады. Қауын тұқымдары 3–5 см тереңдікке себілді. Өсімдіктерді күтіп-баптау жұмыстары аймаққа ұсынылған агротехникалық талаптарға сәйкес орындалды. Тәжірибе алқаптарын суғару жұмыстары вегетациялық кезең ішінде топырақ ылғалдылығын ескере отырып, 450–600 м³/га мөлшерінде 5–7 рет жүргізілді.

Минералды тыңайтқыштардан аммиак селитрасы, коссуперфосфат және хлорлы калий N120P90K90 мөлшерінде енгізілді.

Қауын сұрыптарының әртүрлі топырақ типтеріне қарай өнім қалыптастыру ерекшеліктері мен сапалық көрсеткіштерін анықтау мақсатында зерттеулер екі түрлі топырақ-климаттық жағдайларында жүргізілді. Бірінші тәжірибе Алматы облысы, Қарасай ауданы аумағындағы «Қайнар» өңірлік филиалының тәжірибе алқаптарында, ал екінші тәжірибе Алматы облысы, Жамбыл ауданы, «Жаңалық» шаруа қожалығында қойылды.

Зерттеу аймақтарының топырақтарының агрохимиялық көрсеткіштері төмендегідей болды: Қарасай ауданы аумағындағы топырағы гранулометриялық құрамы бойынша орташа құмбалшықты күңгірт кара-коңыр, құрылымы әлсіз айқындалған. Топырақтағы қарашірінді мөлшері – 2,9–3,0%; жалпы азот – 0,18–0,20%; жалпы фосфор – 0,19–0,20% және K₂O – 350–390 мг/кг құрады. Сіңірілген негіздер жиынтығы – 100 г топырақта 20–21 мг-экв. деңгейінде болды. Топырақ ерітіндісінің реакциясы рН 7,3–7,4, ал көлемдік массасы – 1,1–1,2 г/см³ құрады.

Зерттеу аймағының климаттық жағдайы – күртконтинентальді. Шілде айының орташа ауа температурасы 22–24 °С, қаңтар айында – 6–10 °С аязды құрайды. Оң температуралар жиынтығы – 3450–3750 °С, ал белсенді температуралар жиынтығы – 3100–3400 °С. Аязсыз мерзімдер ұзақтығы – 140–170 тәулік. Жылдық жауын-шашын мөлшері – 350–600 мм болды.

«Жаңалық» шаруа қожалығының топырақ топырағы құмайтты кәдімгі боз топыраққа жатады. Өңдеу қабатындағы қарашірінді мөлшері 1,9–2,2% аралығында, жалпы азот – 0,12–0,15%, жалпы фосфор – 0,16–0,18%, ал жалпы калий – 2,2–2,4% болды. Зерттеу алқаптарының топырағы қоректік элементтердің жылжымалы формаларымен орташа деңгейде қамтамасыз етілген. Жыртылатын қабаттағы жылжымалы фосфордың мөлшері 25–29 мг/кг, алмаспалы калий – 380–420 мг/кг құрады. Топырақтың сіңіру сыйымы 100 г топырақта 17–18 мг-экв. деңгейінде болды. Топырақ ерітіндісінің реакциясы рН 7,5–7,7. Топырақтың көлемдік салмағы – 1,2 г/см³ құрады.

Өсімдіктердің оңтайлы қоректену алқаптарын анықтау мақсатында үш түрлі себу нобайы бойынша тәжірибелер салынды: 210×70×70 см, 280×70×70 см және 350×70×70 см. Осы нұсқаларға сәйкес өсімдіктердің тұру тығыздығы тиісінше 13,6 мың дана/га; 10,2 мың дана/га және 8,1 мың дана/га құрады. Қауын тұқымдары бұл тәжірибе бойынша мамыр айының II-онкүндігінде себілді.

Қауын дақылының оңтайлы себу мерзімдерін анықтау мақсатында тұқымдар үш мерзімде себілді: мамыр айының I-онкүндігінде (5 мамыр), II-онкүндігінде (15 мамыр) және III-онкүндігінде (25 мамыр).

Тәжірибе барысында қауын жемістерінің өнімділігі, еритін құрғақ заттар мөлшері, жалпы қанттылық және дегустациялық бағалары анықталды. Жемістердің сапалық көрсеткіштерін бағалау барысында құрғақ заттардың мөлшері егістік жағдайында PAL-1 әмбебап құрылғысы арқылы («Атаго», Жапония), ал жалпы қанттылық – PAL-2 («Атаго», Жапония) құрылғыларының көмегімен анықталды. Зертханалық жағдайда құрғақ заттар мөлшері – ГОСТ 28562-90 [13], ал жалпы қанттылық – ГОСТ 8756.13-87 [14] бойынша анықталды.

Егістік тәжірибелер, оларды бақылау мен есепке алу «Егістік тәжірибе әдістемесі» [16], «Көкөніс және бақша шаруашылығындағы егістік тәжірибе әдістемелері» [17], «Қарбыз және қауын селекциясы әдістемесіне» [18] сәйкес жүзеге асырылды.

Зерттеу нәтижелерін математикалық өңдеу дисперсиялық талдау (ANOVA) әдісімен жүргізілді. Әр тәжірибе нұсқасы 4 қайталанымда орындалды. Орташа мәндер (M) және стандарттық қателік (±SE) есептелді. Нұсқалар арасындағы айырмашылықтардың сенімділігі $p \leq 0,05$ деңгейінде бағаланды. Орташа мәндерді салыстыру үшін ең кіші мәнді айырмашылық (HCP_{0.95}, LSD) әдісі қолданылды. Статистикалық өңдеу Microsoft Excel және Statistica (R 4.2.1) бағдарламаларының көмегімен жүргізілді.

Нәтижелер

Топырақтың типі мен гранулометриялық құрамының қауын дақылының өнімділігі мен сапалық көрсеткіштеріне әсерін анықтау мақсатында 2024–2025 жылдары жүргізілген зерттеулердің нәтижелері талданды. Зерттеу барысында құмайты кәдімгі боз топырақ жағдайында өсірілген қауын сұрыптарының өнімділігі 18,75–34,30 т/га аралығында қалыптасқаны анықталды. Бұл көрсеткіш орташа құмбалшықты күңгірт қара-қоңыр топырақта өсірілген қауын жемістерінің өнімділігімен салыстырғанда сұрып ерекшеліктеріне қарай 6,7–48,5% жоғары болды.

Сонымен қатар, әртүрлі топырақ жағдайларында өсірілген қауын жемістеріне биохимиялық талдаулар жүргізілді. Зерттеу нәтижелері жемістердің сапалық көрсеткіштері топырақ типіне тәуелді екенін көрсетті. Гранулометриялық құрамы бойынша құмайты кәдімгі боз топырақтың орташа құмбалшықты күңгірт қара-қоңыр топырақ типімен салыстырғанда жемістердегі құрғақ зат мөлшері сұрыптар бойынша орташа алғанда 23,72%, ал жалпы қанттылық – 22,93%-ға жоғары келді.

Алынған нәтижелердің сенімділігін бағалау мақсатында дисперсиялық талдау (ANOVA) жүргізілді. Талдау нәтижелері зерттелген сұрыптардың өнімділігі мен сапалық көрсеткіштері арасында статистикалық тұрғыдан сенімді айырмашылықтар бар екенін көрсетті. Өнімділік көрсеткіші бойынша сұрыптардың реакциясы айқын байқалып, айырмашылықтар өте жоғары деңгейде сенімді болды ($F = 60,72$; $p < 0,001$). Сонымен қатар, құрғақ заттар мөлшері ($F = 11,23$; $p = 0,001$) мен жалпы қанттылық ($F = 23,40$; $p < 0,001$) бойынша да сұрыптар арасында статистикалық тұрғыдан сенімді айырмашылықтар анықталды. Бұл зерттелген белгілердің қалыптасуына генотиптік ерекшеліктермен қатар, өсіру жағдайларының, соның ішінде топырақ қасиеттерінің елеулі әсер ететінін көрсетеді (1-кесте).

1-кесте – Топырақтың гранулометриялық құрамы мен типтерінің қауын дақылының өнімділігі мен сапалық көрсеткіштеріне әсері, 2024–2025 жж.

Зерттелген сұрыптар	Зерттеу жылдары	Өнімділік, т/га	Құрғақ заттар мөлшері %	Жалпы қанттылық %	Дегустациялық баға, балл
Топырақтың гранулометриялық құрамы мен типі – құмайты, кәдімгі боз топырақ					
Таисия	2024	18,40 ± 0,27	13,10 ± 0,28	10,40 ± 0,21	4,80
	2025	19,10 ± 0,51	13,50 ± 0,19	10,00 ± 0,10	4,60
	Орташа	18,75 ± 0,31 е	13,30 ± 0,17 b	10,20 ± 0,12 c	4,70
Алтыночка	2024	23,30 ± 0,31	13,80 ± 0,25	11,00 ± 0,19	5,00
	2025	22,80 ± 0,28	14,40 ± 0,22	10,80 ± 0,13	4,80
	Орташа	23,05 ± 0,21 d	14,10 ± 0,17 a	10,90 ± 0,11 b	4,90
Шұғыла	2024	25,00 ± 0,26	14,00 ± 0,38	11,50 ± 0,29	5,00
	2025	23,70 ± 0,44	14,30 ± 0,22	11,30 ± 0,20	4,80
	Орташа	24,35 ± 0,30 c	14,15 ± 0,21 a	11,40 ± 0,17 a	4,90
Майская	2024	29,60 ± 0,35	14,40 ± 0,21	11,00 ± 0,15	4,90
	2025	27,80 ± 0,89	14,00 ± 0,29	10,60 ± 0,16	4,70
	Орташа	28,70 ± 0,53 b	14,20 ± 0,18 a	10,80 ± 0,11 b	4,80
Муза	2024	35,20 ± 0,57	12,50 ± 0,37	9,70 ± 0,19	4,50
	2025	33,40 ± 0,51	13,70 ± 0,50	10,40 ± 0,25	4,80
	Орташа	34,30 ± 0,44 a	13,10 ± 0,31 b	10,05 ± 0,18 c	4,65
HCP _{0,95} - 3,71; Sxcp=0,945					
Топырақтың гранулометриялық құрамы мен типі – орташа құмбалшықты, күңгірт қара-қоңыр топырақ					
Таисия	2024	17,90 ± 0,15	12,50 ± 0,08	9,80 ± 0,08	4,80
	2025	17,20 ± 0,13	12,00 ± 0,07	9,50 ± 0,04	4,50
	Орташа	17,55 ± 0,09 d	12,25 ± 0,05 b	9,65 ± 0,05 b	4,65

1-кестенің жалғасы

Алтыночка	2024	21,50 ± 0,13	12,00 ± 0,04	9,60 ± 0,14	4,70
	2025	22,00 ± 0,15	12,60 ± 0,07	10,40 ± 0,07	4,90
	Орташа	21,75 ± 0,10 c	12,30 ± 0,05 a	10,00 ± 0,11 a	4,80
Шұғыла	2024	24,40 ± 0,21	11,50 ± 0,07	8,70 ± 0,12	4,00
	2025	22,90 ± 0,22	11,00 ± 0,09	9,80 ± 0,10	4,50
	Орташа	23,65 ± 0,14 b	11,25 ± 0,05 c	9,25 ± 0,09 b	4,25
Майская	2024	20,00 ± 0,30	9,40 ± 0,16	7,00 ± 0,19	3,70
	2025	23,10 ± 0,14	11,50 ± 0,07	8,20 ± 0,13	4,00
	Орташа	21,55 ± 0,23 c	10,45 ± 0,15 d	7,60 ± 0,15 c	3,85
Муза	2024	21,50 ± 0,21	8,50 ± 0,07	6,30 ± 0,07	3,00
	2025	24,70 ± 0,44	10,30 ± 0,10	7,50 ± 0,09	4,10
	Орташа	23,10 ± 0,32 b	9,40 ± 0,11 e	6,90 ± 0,08 d	3,55
ANOVA results, F – 60,72; p-value: <0,0001					
HCP _{0,95} - 5,94; Sxcp= 1,51					

Жүргізілген зерттеу нәтижелері қауын дақылы үшін 280×70×70 см себу нобайы және 10,2 мың дана/га тұру тығыздығы ең оңтайлы болып, сұрыптардың басым бөлігінде жоғары өнім қалыптастыруға мүмкіндік беретіні анықталды. Өсімдіктердің тұру тығыздығы артқан сайын, жемістердің өнімділігі Таисия сұрыбы бойынша – 11,75%, Алтыночка сұрыбы бойынша 29,23%, Шұғыла сұрыбы бойынша 32,68%, Майская сұрыбы бойынша 50,25% және Муза сұрыбы бойынша 60,92% төмендеген. Қауын өсімдіктерінің 1 га шаққандағы тұру тығыздығын керісінше 8,1 мың данаға азайтқанда, өнімділік Таисия сұрыбы бойынша 6,83%, Алтыночка сұрыбында – 15,66%, Шұғыла сұрыбында – 17,12%, Майская сұрыбында – 13,07 және Муза сұрыбында – 0,97% кеміген. Сонымен қатар, біздің тәжірибемізде өсімдіктердің тұру тығыздығының құрғақ заттар мен жалпы қанттылыққа әсер ететіні анықталды. Оңтайлы және төменгі тығыздық жағдайында жемістердің құрғақ зат жинау қабілеті артып, ал өсімдіктер шамадан тыс тығыз орналасқанда, керісінше төмендеді. Сұрып түрлеріне қарай ең жоғары құрғақ зат деңгейі мен сәйкесінше жалпы қанттылық мөлшері Шұғыла сұрыбында тіркелді. Өсімдіктердің тұру тығыздығы 10,2 мың дана/га құраған нұсқада құрғақ заттар – 14,60%, ал га 8,1 мың дана тығыздықта болғанда – 14,80% артты. Жалпы қанттылық деңгейі екі тәжірибе нұсқалары бойынша 12,45% құрады (2-кесте). Тәжірибе нәтижелерін дисперсиялық талдау барлық зерттелген көрсеткіштер бойынша себу нобайы мен тығыздығының әсері статистикалық тұрғыдан жоғары сенімді болғанын көрсетеді ($p < 0,001$). Сонымен қатар, себу нобайы мен сұрыптардың өзара әрекет етуі де статистикалық тұрғыдан мәнді болды. Өнімділік бойынша өзара әсердің F-мәні 29,84, құрғақ заттар мөлшері бойынша 8,93 және жалпы қанттылық бойынша 12,57 құрады ($p < 0,001$). Бұл қауын сұрыптарының әртүрлі отырғызу тығыздықтарына бірдей реакция бермейтінін және олардың өнім қалыптастыру қабілеті мен сапалық көрсеткіштерінің нақты өсіру жағдайларына тәуелді екендігін дәлелдейді.

2-кесте – Себу нобайы мен өсімдіктердің тұру тығыздығының қауын дақылының өнімділігі мен сапалық көрсеткіштеріне әсері

Зерттелген сұрыптар	Зерттеу жылдары	Өнімділік, т/га	Құрғақ заттар мөлшері %	Жалпы қанттылық %	Дегустациялық баға, балл
Себу нобайы – 210×70×70 см, тұру тығыздығы - 13,6 мың дана/га					
Таисия	2024	16,30 ± 0,39	12,50 ± 0,37	9,30 ± 0,38	4,20
	2025	16,00 ± 0,22	11,80 ± 0,22	9,00 ± 0,22	3,93
	Орташа	16,15 ± 0,35 b	12,15 ± 0,45 b	9,15 ± 0,34 b	4,05
Алтыночка	2024	16,70 ± 0,25	12,70 ± 0,25	9,50 ± 0,26	4,20
	2025	17,20 ± 0,54	12,80 ± 0,29	9,70 ± 0,37	4,30
	Орташа	16,95 ± 0,42 a	12,75 ± 0,27 a	9,60 ± 0,32 a	4,25

2-кестенің жалғасы

Шұғыла	2024	17,50 ± 0,46	11,00 ± 0,29	8,70 ± 0,24	4,00
	2025	17,10 ± 0,37	11,20 ± 0,29	8,90 ± 0,26	4,20
	Орташа	17,30 ± 0,42 а	11,10 ± 0,29 с	8,80 ± 0,25 с	4,10
Майская	2024	14,30 ± 0,83	9,50 ± 0,44	7,00 ± 0,34	3,50
	2025	15,00 ± 0,59	9,90 ± 0,42	7,50 ± 0,29	3,60
	Орташа	14,65 ± 0,72 с	9,70 ± 0,44 d	7,25 ± 0,40 d	3,55
Муза	2024	13,70 ± 0,39	9,00 ± 0,26	6,60 ± 0,17	3,00
	2025	14,40 ± 0,48	9,60 ± 0,43	7,00 ± 0,37	3,40
	Орташа	14,05 ± 0,48 с	9,30 ± 0,46 d	6,80 ± 0,35 е	3,20
HCP _{0,95} – 1,51; Sxcp = 0,39					
Себу нобайы – 280×70×70 см, тұру тығыздығы – 10,2 мың дана/га					
Таисия	2024	18,50 ± 0,54	13,50 ± 0,19	11,60 ± 0,17	4,80
	2025	18,10 ± 0,47	13,00 ± 0,17	11,80 ± 0,15	4,90
	Орташа	18,30 ± 0,51 е	13,25 ± 0,18 с	11,70 ± 0,16 с	4,85
Алтыночка	2024	23,50 ± 0,81	14,05 ± 0,17	12,00 ± 0,15	5,00
	2025	24,40 ± 0,43	14,60 ± 0,15	12,50 ± 0,15	5,00
	Орташа	23,95 ± 0,74 d	14,33 ± 0,16 ab	12,25 ± 0,15 ab	5,00
Шұғыла	2024	25,30 ± 0,78	14,50 ± 0,24	12,40 ± 0,17	5,00
	2025	26,10 ± 0,47	14,70 ± 0,17	12,50 ± 0,12	5,00
	Орташа	25,70 ± 0,69 с	14,60 ± 0,20 а	12,45 ± 0,14 а	5,00
Майская	2024	30,00 ± 1,07	14,40 ± 0,17	12,00 ± 0,15	5,00
	2025	28,90 ± 0,98	14,50 ± 0,17	12,60 ± 0,17	5,00
	Орташа	29,45 ± 1,10 b	14,45 ± 0,17 а	12,30 ± 0,16 а	5,00
Муза	2024	36,20 ± 0,87	13,30 ± 0,15	10,80 ± 0,10	4,40
	2025	35,70 ± 1,19	14,00 ± 0,24	11,60 ± 0,31	4,80
	Орташа	35,95 ± 1,01 а	13,65 ± 0,19 bc	11,20 ± 0,20 d	4,60
HCP _{0,95} – 2,17; Sxcp = 0,55					
Себу нобайы – 350×70×70 см, тұру тығыздығы – 8,1 мың дана/га					
Таисия	2024	16,70 ± 0,18	13,80 ± 0,19	11,90 ± 0,19	5,00
	2025	17,40 ± 0,24	14,00 ± 0,13	12,00 ± 0,17	5,00
	Орташа	17,05 ± 0,21 е	13,90 ± 0,16 с	11,95 ± 0,18 с	5,00
Алтыночка	2024	20,60 ± 0,17	14,70 ± 0,15	12,40 ± 0,15	5,00
	2025	19,80 ± 0,46	14,50 ± 0,15	12,20 ± 0,15	4,88
	Орташа	20,20 ± 0,31 d	14,60 ± 0,15 ab	12,30 ± 0,15 ab	4,94
Шұғыла	2024	20,50 ± 0,48	14,70 ± 0,15	12,40 ± 0,12	5,00
	2025	22,10 ± 0,44	14,90 ± 0,17	12,50 ± 0,13	5,00
	Орташа	21,30 ± 0,46 с	14,80 ± 0,16 а	12,45 ± 0,13 а	5,00
Майская	2024	25,90 ± 0,48	14,90 ± 0,17	12,60 ± 0,17	5,00
	2025	25,30 ± 0,52	14,10 ± 0,12	11,80 ± 0,17	4,90
	Орташа	25,60 ± 0,50 b	14,50 ± 0,15 b	12,20 ± 0,17 b	4,95

2-кестенің жалғасы

Муза	2024	36,00 ± 0,57	13,70 ± 0,13	11,50 ± 0,17	4,80
	2025	35,20 ± 0,50	12,80 ± 0,15	10,90 ± 0,17	4,60
	Орташа	35,60 ± 0,54 a	13,25 ± 0,14 d	11,20 ± 0,17 d	4,70
HCP _{0,95} – 2,69; Sxcp = 0,71					
ANOVA results, F – 29,84; p-value: <0,0001					

Егістік тәжірибе барысында қолайлы себу мерзімдерін анықтау үшін қауын сұрыптары 3 түрлі мерзімдерде себілді: мамыр айының I-онкүндігі, мамыр айының II-онкүндігі және мамыр айының III-онкүндігі. Зерттеу нәтижелері бойынша жергілікті қауын сұрыптарының тұқымдарын мамыр айының I және II-онкүндіктерінде сепкенде, жемістердің жоғары өнім қалыптастырғандығы тіркелді. Себу мерзімі ең кеш жүргізілген тәжірибе нұсқаларында өнімділік біршама төмендеген. Дәлірек айтқанда, мамырдың III-онкүндігімен салыстырғанда сұрыптар бойынша өнімділік мамырдың I-онкүндігінде егілгенде: Таисия сұрыбы бойынша – 1,15%, Алтыночка – 16,58%, Шұғыла – 33,3, Майская – 32,31%, Муза – 53,18%, ал II-онкүндігінде егілгенде: Таисия сұрыбы – 7,45%, Алтыночка – 17,60%, Шұғыла – 30,91%, Майская – 35,38%, Муза – 38,05% жоғары болған. Сонымен қатар, мамырдың басы мен ортасында себілген қауын жемістерінде құрғақ заттар мөлшері көбірек жинақталып, нәтижесінде қанттылығы артып, дәмдік сапасы жақсарған. Дегустация нәтижесі бойынша оңтайлы себу мерзімдерін ұстану, жемістердің аса хош иісті және татымды болуына оң ықпал ететіндігін көрсеткен. Кеш себу мерзімдерінің өте ерте пісетін Таисия (17,45 т/га) және Шұғыла (18,60 т/га) сұрыптарына кері әсер етіп, өнім дегейін күрт төмендететіні анықталды (3-кесте).

Себу мерзімдерінің қауын сұрыптарының өнімділігі мен жемістерінің биохимиялық құрамына әсерін бағалау мақсатында екі факторлы дисперсиялық талдау жүргізілді. Талдау нәтижелері зерттелген барлық көрсеткіштер бойынша сұрыптың да, себу мерзімінің де әсері статистикалық тұрғыдан жоғары деңгейде сенімді болғанын көрсетті ($p < 0,001$).

Өнімділік көрсеткіші бойынша сұрып факторының әсері ең жоғары болды ($F = 186,42$; $p < 0,001$). Сонымен қатар себу мерзімі де өнім қалыптастыруға елеулі ықпал етті ($F = 52,17$; $p < 0,001$). Сұрып пен себу мерзімінің өзара әрекеттесуі де статистикалық тұрғыдан мәнді болып, әр сұрыптың әртүрлі себу мерзімдеріне реакциясы бірдей болмағанын көрсетті ($F = 14,63$; $p < 0,001$).

3-кесте – Себу мерзімдерінің қауын дақылдың өнімділігі мен сапалық көрсеткіштеріне әсері

Зерттелген сұрыптар	Зерттеу жылдары	Өнімділік, т/га	Құрғақ заттар мөлшері %	Жалпы қанттылық %	Дегустациялық баға, балл
Топырақтың гранулометриялық құрамы мен типі – құмайт, кәдімгі боз топырақ					
Таисия	2024	18,00 ± 0,48	13,00 ± 0,34	10,10 ± 0,26	4,70
	2025	17,30 ± 0,62	12,50 ± 0,46	9,80 ± 0,34	4,50
	Орташа	17,65 ± 0,55 e	12,75 ± 0,40 ab	9,95 ± 0,30 a	4,60
Алтыночка	2024	22,70 ± 0,65	12,20 ± 0,29	9,50 ± 0,28	4,20
	2025	23,00 ± 0,39	12,40 ± 0,18	9,90 ± 0,26	4,40
	Орташа	22,85 ± 0,52 d	12,30 ± 0,24 bc	9,70 ± 0,27 b	4,30
Шұғыла	2024	24,40 ± 0,55	11,50 ± 0,22	9,00 ± 0,26	4,00
	2025	25,20 ± 0,59	12,80 ± 0,29	10,50 ± 0,39	4,80
	Орташа	24,80 ± 0,57 c	12,15 ± 0,26 c	9,75 ± 0,33 ab	4,40
Майская	2024	28,60 ± 0,86	13,80 ± 0,39	10,50 ± 0,34	4,80
	2025	27,50 ± 0,39	12,50 ± 0,14	9,30 ± 0,18	3,90
	Орташа	28,05 ± 0,63 b	13,15 ± 0,27 a	9,90 ± 0,26 a	4,35
Муза	2024	33,30 ± 1,94	12,50 ± 0,54	9,70 ± 0,52	4,30
	2025	31,80 ± 1,04	13,00 ± 0,43	10,00 ± 0,32	4,70
	Орташа	32,55 ± 1,49 a	12,75 ± 0,49 ab	9,85 ± 0,42 ab	4,50

3-кестенің жалғасы

HCP _{0,95} – 2,68; Sxcp = 0,68					
Себу мерзімі – Мамыр айының II-онкүндігі					
Таисия	2024	18,40 ± 0,62	13,10 ± 0,32	10,40 ± 0,25	4,80
	2025	19,10 ± 0,83	13,50 ± 0,23	10,00 ± 0,09	4,60
	Орташа	18,75 ± 0,73 e	13,30 ± 0,28 c	10,20 ± 0,18 c	4,70
Алтыночка	2024	23,30 ± 0,81	13,80 ± 0,38	11,00 ± 0,22	5,00
	2025	22,80 ± 0,53	14,40 ± 0,29	10,80 ± 0,24	4,80
	Орташа	23,05 ± 0,67 d	14,10 ± 0,34 ab	10,90 ± 0,23 b	4,90
Шұғыла	2024	25,00 ± 1,38	14,00 ± 0,33	11,50 ± 0,18	5,00
	2025	23,70 ± 0,70	14,30 ± 0,35	11,30 ± 0,12	4,80
	Орташа	24,35 ± 1,04 c	14,15 ± 0,34 ab	11,40 ± 0,15 a	4,90
Майская	2024	29,60 ± 1,20	14,40 ± 0,23	11,00 ± 0,26	4,90
	2025	27,80 ± 0,70	14,00 ± 0,28	10,60 ± 0,12	4,70
	Орташа	28,70 ± 0,95 b	14,20 ± 0,26 a	10,80 ± 0,20 b	4,80
Муза	2024	35,20 ± 0,97	12,50 ± 0,33	9,70 ± 0,25	4,50
	2025	33,40 ± 1,70	13,70 ± 0,30	10,40 ± 0,12	4,80
	Орташа	34,30 ± 1,34 a	13,10 ± 0,32 bc	10,05 ± 0,20 c	4,65
HCP _{0,95} – 3,71 Sxcp= 0,945					
Себу мерзімі – Мамыр айының III-онкүндігі					
	2024	18,00 ± 0,58	12,80 ± 0,16	9,80 ± 0,16	4,30
	2025	16,90 ± 0,33	12,20 ± 0,19	9,70 ± 0,15	4,30
	Орташа	17,45 ± 0,45 d	12,50 ± 0,18 a	9,75 ± 0,07 a	4,30
	2024	18,50 ± 0,70	11,00 ± 0,18	8,70 ± 0,22	4,00
	2025	20,70 ± 0,76	11,50 ± 0,31	9,00 ± 0,21	4,20
	Орташа	19,60 ± 0,73 b	11,25 ± 0,25 b	8,85 ± 0,15 b	4,10
	2024	17,80 ± 0,36	10,40 ± 0,12	8,00 ± 0,23	3,50
	2025	19,40 ± 0,57	11,30 ± 0,30	9,10 ± 0,19	4,10
	Орташа	18,60 ± 0,52 c	10,85 ± 0,23 c	8,55 ± 0,27 c	3,80
	2024	20,10 ± 0,52	9,10 ± 0,19	7,30 ± 0,16	3,00
	2025	22,30 ± 1,06	9,50 ± 0,31	8,00 ± 0,08	3,60
	Орташа	21,20 ± 0,86 a	9,30 ± 0,25 d	7,65 ± 0,18 d	3,30
	2024	19,60 ± 0,43	8,50 ± 0,12	6,00 ± 0,13	2,50
	2025	22,90 ± 0,70	8,80 ± 0,23	6,40 ± 0,11	3,00
	Орташа	21,25 ± 0,57 a	8,65 ± 0,18 e	6,20 ± 0,10 e	2,75
ANOVA results, p-value:		<0,0001	<0,0001	<0,0001	
HCP _{0,95} – 6,13; Sxcp = 1,56					
ANOVA results, F – 14,63; p-value: <0,0001					

Талқылау

Ғылыми зерттеулер қауын дақылы өндірісін тиімді ұйымдастыру мақсатында Қазақстанның оңтүстік-шығысы жағдайында таулы-далалық аймақтың гранулометриялық құрамы бойынша құмайтты кәдімгі боз топырақты орташа құмбалшықты күңгірт қара-қоңыр топырақпен салыстырғанда айтарлықтай қолайлы екендігін көрсетті. Атап айтқанда, құмайтты боз топырақ жағдайында қауын өсімдіктерінің өсуі мен дамуы қарқынды жүріп, өнімділік деңгейі мен жемістердің сапалық көрсеткіштері жоғары келген, ал орташа құмбалшықты күңгірт қара-қоңыр

топырақтарда бұл көрсеткіштердің салыстырмалы төмен болғаны анықталды. Бұл нәтижелер басқа авторлардың зерттеулерімен үйлеседі. Мәселен, аллювиальді-шалғын орташа және ауыр құмбалшықты топырақтарда өскен қауын жемістерінің сапасы төмен келіп, нитрат деңгейі 1,8–4,3% артқан. Ауыр сазды-құмбалшықты топырақта өсірілген қауын жемістерінің өнімділігі жеңіл механикалық құрамды топырақтармен салыстырғанда 36,3% төмен болғаны анықталған [19]. Біздің зерттеулерімізде ұқсас заңдылық байқалды. Атап айтқанда, құмайтты кәдімгі боз топырақта өсірілген қауынның өнімділігі орташа құмбалшықты күнгірт қара-қоңыр топырақпен салыстырғанда сұрыптарға байланысты 6,7–48,5% жоғары болды. Бұл жеңіл гранулометриялық құрамды топырақтардың ауа және су режимдерінің қауын өсімдіктерінің тамыр жүйесінің дамуына қолайлырақ болуымен түсіндіріледі.

Зертханалық зерттеу нәтижелері қауын жемістерінің сапалық көрсеткіштері топырақ жағдайларына едәуір тәуелді келетінін айқындады. Негізінен қауын дақылының орташа құмбалшықты топырақтарда дәмдік сапасы жоғары жемістер қалыптастыратыны әдеби деректерде көрсетілген [20]. Дегенмен, біздің зерттеулерімізде жеміс құрамындағы жалпы еритін құрғақ заттардың (Brix) құмайтты сұр топырақ жағдайында жоғарылағаны анықталды. Бұл құбылыс құмайтты топырақтың су ұстау қабілетінің төмендігімен өсімдіктерде әлсіз су тапшылығы жағдайының қалыптасуына байланысты осмостық реттелу нәтижесінде қанттардың қарқынды жиналуымен түсіндірілуі мүмкін.

Өсімдіктердің өте сирек орналасуы егіс алқаптарын тиімсіз пайдалануға байланысты жалпы өнімділіктің төмендеуіне әкелетінін көрсетті. Осыған орай, қауын дақылы үшін тиімді себу тығыздығы ретінде 10,2 мың дана/га тығыздығын қолданған оңтайлы және тиімді болады. Ғылыми деректерге сүйенсек, қауынды себу тығыздығы 1,4 м², яғни сирек болғанда, өнімділік ұсынылған тығыздықпен салыстырғанда 11,6% төмен болғанын, ал қалың себілгенде, 19,3% төмендегенін көрсеткен [21]. Бұл нәтижелер біздің зерттеулерімізге сәйкес келеді. Бұдан бөлек, отырғызу тығыздығы жемістердің биохимиялық құрамына да әсер ететіндігі анықталды. Тығыздық оңтайлы болған жағдайда өсімдіктерде ассимиляттардың жиналуы қарқынды жүріп, құрғақ заттар мен қанттардың мөлшері артады. Ал өсімдіктердің тығыз орналасу жағдайында фотосинтетикалық белсенділіктің төмендеуі мен бәсекелестіктің артуы бұл көрсеткіштердің кемуіне әкеледі. Бұл жерде сұрыптық ерекшеліктер де маңызды болып табылады. Шұғыла сұрыбының жоғары құрғақ зат пен қант жинау қабілеті оның генетикалық ерекшеліктерімен және өсіру жағдайларына жоғары бейімділігімен түсіндірілуі мүмкін.

Біздің тәжірибеде де осы заңдылық расталды. Атап айтқанда, 280×70×70 см себу нобайы және 10,2 мың дана/га тұру тығыздығы жағдайында барлық зерттелген сұрыптарда өнімділік ең жоғары деңгейде қалыптасты. Дисперсиялық талдау нәтижелері бойынша отырғызу тығыздығы факторының өнімділікке әсері статистикалық тұрғыдан жоғары деңгейде сенімді болды ($F=29,84$; $p<0,001$). Әдебиетте көрсетілген өнімділіктің төмендеу себептері мен біздің зерттеу нәтижелеріміз арасындағы сәйкестік өсімдіктер арасындағы қоректік алаңның оңтайлы болуы қауынның өнім қалыптастыруында шешуші рөл атқаратынын дәлелдейді.

Себу мерзімдері қауын өндірісінің тиімділігін арттыруда аса маңызды технологиялық іс-шаралар болып табылғандықтан, міндетті түрде зерттеуге алынды. Қауын дақылы өзінің биологиялық ерекшеліктеріне байланысты жылу сүйгіш дақылдар қатарына жатады, сол себепті, өсіру ортасының табиғи-климаттық жағдайларына ерекше талаптар қояды. Жалпы, қауын тұқымдарының біртекті көктеп, жаппай өнуіне қолайлы топырақ температурасы 12–16 °C диапазоны аралығында болуы тиіс. Сондай-ақ, мерзімінен кеш себудің де кері әсері айтарлықтай жоғары. Мәселен, Быковская бақша селекциясы тәжірибелік станциясы ғалымдарымен жүргізілген зерттеулер бойынша тұқымды мерзімінен ерте немесе кеш себу жеміс өнімділігін 9,8 до 75,4% төмендеткенін көрсеткен [22]. Себу маусымының тым ерте басталуы тұқымдардың өнгіштігін күрт төмендетіп, керісінше кеш жүргізілуі вегетациялық кезеңнің қысқаруына және ылғал тапшылығына әкелуі мүмкін. Біздің зерттеулерімізде мамыр айының III онкүндігінде жүргізілген кеш себу барлық сұрыптарда өнімділіктің төмендеуіне себеп болды. Өсіресе ерте пісетін Таисия және Шұғыла сұрыптары себу мерзімінің кешігуіне анағұрлым сезімтал екендігі белгіленді. Бұл олардың вегетациялық кезеңінің салыстырмалы қысқалығымен және ылғал тапшылығының әсеріне көбірек ұшырауымен түсіндіріледі. Демек, біздің нәтижелеріміз

Қазақстанның оңтүстік-шығысы жағдайында қауын дақылын мамыр айының I-II-онкүндіктерінде себудің агробиологиялық тұрғыдан тиімді екенін растайды. Сонымен қатар, ерте және орта мерзімде себілген өсімдіктерде фотосинтез үрдістері тиімді жүріп, ассимиляттардың жиналуы қарқынды болды. Бұл, өз кезегінде құрғақ заттар мен қанттардың мөлшерін арттырып, жемістердің дәмдік сапасын жақсартады. Ал тұқымдарды кеш себу жағдайында бұл үрдістердің қарқындылығы төмендеп, жеміс сапасы нашарлайды. Дегустациялық бағалау нәтижелері себудің оңтайлы мерзімдерін сақтау – қауын жемістерінің дәмдік және хош иістік қасиеттерін жақсартуда маңызды болатынын көрсетті.

Қорытынды

Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде Қазақстанның оңтүстік-шығысы жағдайында қауын дақылын өсіру үшін құмайты кәдімгі боз топырақтардың анағұрлым тиімді екені анықталып, мұнда өнімділік 6,7-48,5% жоғары болғаны белгіленді. Қауын өсіруде ең оңтайлы агротехникалық параметрлер ретінде 280×70×70 см себу нобайы және 10,2 мың дана/га өсімдіктің тұру тығыздығы белгіленіп, бұл жағдайда өнімділік пен сапа көрсеткіштері (құрғақ заттар мен қанттылық) ең жоғары деңгейде қалыптасатыны анықталды. Сонымен қатар, тұқымды мамыр айының I-II онкүндіктерінде себу қауынның өнімділігі мен дәмдік сапасын арттырып, кеш себу мерзімі (III-онкүндік) барлық зерттелген сұрыптарда өнім мен сапа көрсеткіштерінің айтарлықтай төмендеуіне әкелетіні анықталды. Дисперсиялық талдау нәтижелері зерттелген барлық факторлардың қауын өнімділігі мен сапалық көрсеткіштеріне әсері статистикалық тұрғыдан сенімді екенін көрсетті ($p < 0,001$). Бұл алынған нәтижелердің тұрақтылығы мен қайталанғыштығын дәлелдейді.

Қаржыландыру көзі

Ғылыми зерттеулер Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы министрлігінің 2024-2026 жылдарға арналған №BR22885335 «Селекция, тұқым шаруашылығы, биотехнология және инновациялық агротехнология негізінде Қазақстанда картоп, көкөніс және бақша шаруашылығының тұрақты дамуын қамтамасыз ету» бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру аясында жүзеге асырылды.

Авторлардың қосқан үлесі

ЭУ, ЖЖ, СП, АТ, БЗ: зерттеу бағыттары бойынша отандық және шетелдік әдебиеттерге шолу жасады, ғылыми нәтижелерді алуға, жинақтауға және өңдеуге қатысты, зертханалық және егістік тәжірибелер жүргізіп, нәтижелерін тұжырымдады, математикалық өңдеу жасады, жинақталған деректер бойынша қолжазбаны дайындап, мақаланы рәсімдеді. ЭУ: мақаланың соңғы редакциясын рәсімдеп, толық тексерді. Барлық авторлар мақаланың соңғы редакциясын оқып, қарап шығып, мақұлдады.

Әдебиеттер тізімі

- 1 Aitbayeva, A.T., Zorzhonov, B.D., Mamyrbekov, Zh.Zh., Absatarova, D.A., Rakhymzhanov, B.S., Koshmagambetova, M.Zh. (2021). Comparison of different types of fertilizers on growth, yield and quality properties of watermelon (*Citrullus lanatus*) in the Southeast of Kazakhstan. *Eurasian Journal of Soil Science*, 10(4), 302–307. DOI: 10.18393/ejss.959078.
- 2 ҚР Ауыл шаруашылығы министрлігі. (2022). *Қазақстан Республикасында пайдалануға ұсынылған селекциялық жемістіктердің мемлекеттік тізбесі (ресми басылым)*. <https://www.ncste.kz/assets/GNTE/107-comp-doc-kaz.-29-12-2020-09-19-59.docx>
- 3 Le, J., Chuan, J.D., Andy, H.L., Colin, W.E. (2005). Do dietary lycopene and other carotenoids protect against prostate cancer. *International Journal of Cancer*, 113, 1010–1014. DOI: 10.1002/ijc.20667.
- 4 Wang, Y., Lu, Q., Zhang, F., Wang, W., Wu, C. (2025). Effects of Biochar on the Yield of Melon and the Diversity of Rhizosphere Soil Microbial Communities Under Saline-Alkali Stress. *Plants*, 14(10), 1423. DOI: 10.3390/plants14101423.

- 5 Сарыев, Я., Джанмурадова, А., Алтыева, Н. (2024). Особенности выращивания дыни в сельском хозяйстве. *Международный научный журнал «Инновационная наука»*, 1–1, 38–39.
- 6 Лазько, В.Э., Якимова, О.В., Лукомец, С.Г., Благодарова, Е.Н. (2018). Опыт получения семян дыни сорта Таманская при летнем посеве. *Журнал Рисоводство, разд. «Овощеводство»*, 1(38), 7–8.
- 7 Ban, D., Goreta, S., Borosic, J. (2006). Plant spacing and cultivar affect melon growth and yield components. *Scientia Horticulturae*, 109:3, 238–243. DOI: DOI: 10.1016/j.scienta.2006.04.015.
- 8 Ayenla, O.S., Makinde, E.A., Odeyemi, O.M., Sobukola, O.P. (2021). Plant density due to intra row spacing on growth, weed control, and yield of Golden melon. *International Journal of Vegetable Science*, 27:4, 315–326. DOI: 10.1080/19315260.2020.1791299.
- 9 Mendoza, F.A.G., Contreras, A.M.C., Castillo Corso, A.M., Castillo Corso, M.A. (2025). Influence of six planting densities on yield and quality of melon (*Cucumis melo* L.) Galia cultivar, San Luis, Ancash. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 19:4, e012084. DOI: DOI: 10.24857/rgsa.v19n4-140.
- 10 Sharma, S.P., Leskovar, D.I., Crosby, K.M., Volder, A. (2017). Root growth dynamics and fruit yield of melon (*Cucumis melo* L.) genotypes at two locations with sandy loam and clay soils. *SoilandTillageResearch*, 168, 50–62. DOI: 10.1016/j.still.2016.12.006.
- 11 Сатункин, И.В., Бесчётнов, А.Е. (2023). Продуктивность и качество плодов арбуза столового в зависимости от технологии выращивания при капельном орошении. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*, 2(100), 76. DOI: 10.37670/2073-0853-2023-100-2-75-79.
- 12 Мартынов, И.С., Шапров, М.Н., Гузенко, Е.Ю., Иванова, Т.С. (2023). Механизация предпосевной обработки почвы при возделывании бахчевых культур. *Вестник аграрной науки Дона*, 3(63), 38–47. DOI: 10.55618/20756704_2023_16_3_38-47.
- 13 Межгосударственный стандарт ГОСТ 28562-90. Продукты переработки плодов и овощей. Рефрактометрический метод определения содержания растворимых сухих веществ. (2010). Москва: Стандартинформ.
- 14 Межгосударственный стандарт ГОСТ 8756.13-87. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сахаров. (2010). Москва: Стандартинформ.
- 15 Межгосударственный стандарт ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. (2011). Москва: Стандартинформ.
- 16 Доспехов, Б.А. (1980). *Методика полевого опыта*. Москва: Колос, 169–184.
- 17 Белик, В.Ф. (1992). *Методика опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве*. Москва: Агропромиздат, 64.
- 18 Гуцалюк, Т.Г. (1998). *Методика селекции арбуза и дыни*. Алматы: КазНИИКОХ - РНИ «Бастау», 76–116.
- 19 Cozzolino, E., Di Mola, I., Ottaiano, L., Bilotto, M., Petriccione, M., Ferrara, E., Mori, M., Morra, L. (2023). Assessing Yield and Quality of Melon (*Cucumis melo* L.) Improved by Biodegradable Mulching Film. *Plants*, 12(1), 219. DOI: 10.3390/plants12010219.
- 20 Sharma, S. P., Leskovar, D. I., Crosby, K. M., Ibraim, A. M. H., Volder, A. (2017). Root growth dynamics and fruit yield of melon (*Cucumis melo* L.) genotypes at two locations with sandy loam and clay soils. *Soil and Tillage Research*, 168, 50–62. DOI: 10.1016/j.still.2016.12.006.
- 21 Пайлеваниян, А.М., Мартиросян, Г.С., Тадевосян, Л.М., Варданян, И.В. (2021). Изменение агробиологических показателей дыни в зависимости от площади питания растений. *Бюллетень науки и практики*, 7: 2, 67–68. DOI: 10.33619/2414-2948/63.
- 22 Колебошина, Т.Г., Белков, С.И., Вербицкая, Л.Н. (2019). Рост и развитие растений дыни в зависимости от условий выращивания. *Овощи России*, 1(45), 55–57. DOI: 10.18619/2072-9146-2019-1-56-59.

References

- 1 Aitbayeva, A.T., Zorzhonov, B.D., Mamyrbekov, Zh.Zh., Absatarova, D.A., Rakhymzhanov, B.S., Koshmagambetova, M.Zh. (2021). Comparison of different types of fertilizers on growth, yield and

quality properties of watermelon (*Citrullus lanatus*) in the Southeast of Kazakhstan. *Eurasian Journal of Soil Science*, 10(4), 302–307. DOI: 10.18393/ejss.959078.

2 QR Ауыл шаруашылығы министрлігі. (2022). *Qazaqstan Respublikasynda paidalanuğa üsynylğan seleksialyq jetistikterdiñ memlekettik tızbesi (resmi basylym)*. <https://www.ncste.kz/assets/GNTE/107-comp-doc-kaz.-29-12-2020-09-19-59.docx>. [in Kaz].

3 Le, J., Chuan, J.D., Andy, H.L., Colin, W.E. (2005). Do dietary lycopene and other carotenoids protect against prostate cancer. *International Journal of Cancer*, 113, 1010–1014. DOI: 10.1002/ijc.20667.

4 Wang, Y., Lu, Q., Zhang, F., Wang, W., Wu, C. (2025). Effects of Biochar on the Yield of Melon and the Diversity of Rhizosphere Soil Microbial Communities Under Saline-Alkali Stress. *Plants*, 14(10), 1423. DOI: 10.3390/plants14101423.

5 Saryev, İa., Janmuradova, A., Altyeva, N. (2024). Osobennosti vyrařivania dyni v selskom hozäistve. *Mejdunarodnyi nauchnyi jurnal «İnnovasionnaia nauka»*, 1–1, 38-39. [in Russ].

6 Lăzko, V.E., İakimova, O.V., Lukomes, S.G., Blagorodova, E.N. (2018). Opyt poluchenia semän dyni sorta Tamanskaia pri letnem poseve. *Jurnal Risovodstvo, razd. «Ovořevodstvo»*, 1(38), 7-8. [in Russ].

7 Ban, D., Goreta, S., Borosic, J. (2006). Plant spacing and cultivar affect melon growth and yield components. *Scientia Horticulturae*, 109: 3, 238-243. DOI: 10.1016/j.scienta.2006.04.015

8 Ayenia, O.S., Makinde, E.A., Odeyemi, O.M., Sobukola, O.P. (2021). Plant density due to intra row spacing on growth, weed control, and yield of Golden melon. *International Journal of Vegetable Science*, 27: 4, 315-326. DOI: 10.1080/19315260.2020.1791299.

9 Mendoza, F.A.G., Contreras, A.M.C., Castillo Corso, A.M., Castillo Corso, M.A. (2025). Influence of six planting densities on yield and quality of melon (*Cucumis melo* L.) Galia cultivar, San Luis, Ancash. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 19: 4, e012084. DOI: 10.24857/rgsa.v19n4-140.

10 Sharma, S.P., Leskovar, D.I., Crosby, K.M., Volder, A. (2017). Root growth dynamics and fruit yield of melon (*Cucumis melo* L) genotypes at two locations with sandy loam and clay soils. *Soil and Tillage Research*, 168, 50–62. DOI: 10.1016/j.still.2016.12.006.

11 Satunkin, İ.V., Beschötnov, A.E. (2023). Produktivnost i kachestvo plodov arbuza stolovogo v zavisimosti ot tehnologii vyrařivania pri kapelnom orořenii. *İzvestia Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2(100), 76. DOI: 10.37670/2073-0853-2023-100-2-75-79. [in Russ].

12 Martynov, İ.S., Şaprov, M.N., Guzenko, E.İu, İvanova, T.S. (2023). Mehanizasia predposevnoi obrabotki pochvy pri vozdeľivanii bahchevyh kültur. *Vestnik agrarnoi nauki Dona*, 3(63), 38–47. DOI: 10.55618/20756704_2023_16_3_38-47. [in Russ].

13 Mezghosudarstvennyi standart GOST 28562-90. Produkty pererabotki plodov i ovořei. Refraktometricheski metod opredelenia soderjania rastvorimyh suhikh veřestv. (2010). Moskva: Standartinform. [in Russ].

14 Mezghosudarstvennyi standart GOST 8756.13-87. Produkty pererabotki plodov i ovořei. Metody opredelenia saharov. (2010). Moskva: Standartinform. [in Russ].

15 Mezghosudarstvennyi standart GOST 12038-84. Semena selskhozäistvennyh kültur. Metody opredelenia vshojesti. (2011). Moskva: Standartinform. [in Russ].

16 Dospehov, B.A. (1980). *Metodika polevogo opyta*. Moskva: Kolos, 169–184. [in Russ].

17 Belik, V.F. (1992). *Metodika opytnogo dela v ovořevodstve i bahchevodstve*. Moskva: Agropromizdat, 64. [in Russ].

18 Gusalük, T.G. (1998). *Metodika seleksii arbuza i dyni*. Almaty: KazNİİKOH - RNİ «Bastau», 76–116. [in Russ].

19 Cozzolino, E., Di Mola, I., Ottaiano, L., Bilotto, M., Petriccione, M., Ferrara, .E, Mori, M., Morra, L. (2023). Assessing Yield and Quality of Melon (*Cucumis melo* L.) Improved by Biodegradable Mulching Film. *Plants*, 12(1), 219. DOI: 10.3390/plants12010219.

20 Sharma, S. P., Leskovar, D. I., Crosby, K. M., İbraim, A. M. H., Volder, A. (2017). Root growth dynamics and fruit yield of melon (*Cucumis melo* L.) genotypes at two locations with sandy loam and clay soils. *Soil and Tillage Research*, 168, 50-62. DOI: 10.1016/j.still.2016.12.006.

21 Pailevanän, A.M., Martirosän, G.S., Tadevosän, L.M., Vardanän, İ.V. (2021). İzmenenie agrobiologicheskikh pokazatelei dyni v zavisimosti ot plořadi pitania rasteni. *Bülleten nauki i praktiki*, 7:2, 67–68. DOI: 10.33619/2414-2948/63. [in Russ].

22 Koleboşina, T.G., Belkov, S.İ., Verbiskaia, L.N. (2019). Rost i razvitie rasteni dyni v zavisimosti ot uslovi vyrašivania. Ovoşi Rossii, 1(45), 55–57. DOI: 10.18619/2072-9146-2019-1-56-59. [in Russ].

**Влияние почвенно-климатических условий и агротехнических приемов
на урожайность и качество продукции дыни (*Cucumis melo L.*)
в условиях юго-востока Казахстана**

Тайшибаева Э.У., Мамырбеков Ж. Ж., Махмаджанов С.П., Айтбаева А.Т.
Зоржанов Б.Д.

Аннотация

Предпосылки и цель. Казахстанская дыня (*Cucumis melo L.*) широко известна в мире благодаря своим высоким вкусовым качествам. В настоящее время внутренний рынок полностью обеспечен продукцией дыни, однако, для увеличения экспортного потенциала необходимо расширение посевных площадей. Основное производство бахчевых культур страны сосредоточено в южных и юго-восточных регионах, так как почвенно-климатические условия указанных зон позволяют возделывать культуры дыни в больших объемах. В связи с этим, наши исследования были направлены на комплексную оценку влияния типов почв на продуктивность и качество плодов дыни в условиях юго-востока Казахстана, а также на совершенствование агротехнических приемов возделывания культуры путем определения оптимальной схемы посева, густоты стояния растений и сроков посева.

Материалы и методы. Научно-исследовательская работа проводилась в 2024–2025 гг. на базе Регионального филиала «Кайнар» ТОО «Казахский научно-исследовательский институт плодовоовощеводства», а также в условиях крестьянского хозяйства «Жаналык». Опыты закладывались по методу систематических блоков в четырех повторностях. В исследованиях использовались 5 сортов дыни с различными сроками созревания. Полученные данные подверглись статистической обработке.

Результаты. Установлено, что в условиях супесчаных обыкновенных сероземов урожайность и качественные показатели плодов дыни были выше. В данных почвенно-климатических условиях урожайность была на 6,7-48,5% выше по сравнению с среднесуглинистыми темно-каштановыми почвами. Также установлено, что продуктивность и качественные показатели дыни напрямую зависят от сроков посева и густоты стояния растений. Чрезмерно загущенные посевы приводили к снижению урожайности. Результаты исследований показали, что наиболее эффективность схемой посева является 280×70×70 см при оптимальной густоте стояния 10,2 тыс. растений/га. Посев семенного материала в I-II-декадах мая способствовало формированию более высокой урожайности, увеличению содержания сухих веществ и общего сахара в плодах, а также улучшению вкусовых качеств.

Закключение. Для повышения продуктивности и качества дыни решающую роль играет правильный выбор сроков посева и оптимизация плотности растений с учётом почвенно-климатических особенностей региона. Результаты исследования подтверждают, что применение оптимальных агротехнических приёмов позволяет повысить урожайность дыни и эффективность производства.

Ключевые слова: кауын (*Cucumis melo L.*); сорт; почвенно-климатические условия; агротехнологии; продуктивность; показатели качества.

Effect of soil and climatic conditions and agronomic practices on yield and quality of melon production (*Cucumis melo* L.) in the south-east of Kazakhstan

Elvira U. Tayshibayeva, Zharas Zh. Mamyrbekov, Sabyr P. Makhmadzhanov,
Akbope T. Aitbayeva, Berik D. Zorzhanov

Abstract

Background and Aim. Kazakh melon (*Cucumis melo* L.) is widely known worldwide for its high organoleptic qualities. Currently, the domestic market is fully supplied with melon production; however, to increase export potential, it is necessary to expand the cultivated area. The main production of melon crops in the country is concentrated in the southern and southeastern regions, as the soil and climatic conditions of these zones allow large-scale cultivation of melon. In this regard, our research was aimed at a comprehensive assessment of the influence of soil types on the productivity and fruit quality of melon under the conditions of southeastern Kazakhstan, as well as at improving agronomic practices through the determination of optimal planting schemes, plant density, and sowing dates.

Materials and Methods. The research was conducted in 2024–2025 at the Regional Branch “Kainar” of the LLP “Kazakh Research Institute of Fruit and Vegetable Growing”, as well as under the conditions of the farm “Zhanalyk”. The experiments were arranged using a randomized block design with four replications. Five melon varieties with different maturation periods were used in the study. The obtained data were subjected to statistical analysis.

Results. It was established that under the conditions of sandy-loam ordinary serozem soils, the yield and quality indicators of melon fruits were higher. In these soil and climatic conditions, yield was 6.7–48.5% higher compared to dark chestnut medium loamy soils. It was also found that the productivity and quality parameters of melon directly depend on sowing dates and plant density. Excessively dense planting led to a decrease in yield. The research results showed that the most effective planting scheme was 280×70×70 cm with an optimal plant density of 10.2 thousand plants/ha. Sowing in the first and second decades of May contributed to higher yields, increased dry matter and total sugar content in fruits, as well as improved taste qualities.

Conclusion. The improvement of melon productivity and fruit quality largely depends on the proper selection of sowing dates and optimization of plant density, taking into account the soil and climatic characteristics of the region. The results confirm that the application of optimal agronomic practices can significantly increase melon yield and production efficiency.

Keywords: melon (*Cucumis melo* L.); variety; soil-climatic conditions; agrotechnologies; productivity; quality indicators.

Дәйексөз үшін: Мухамадиев, Н.С., Чадинова, А.М., Меңдібаева, Г.Ж., Рысбекова, А.М., Фазылбеков, Р., Курмангалиева, Н.Д. (2026). Қызанақтың негізгі зиянкесіне қарсы энтомофагтарды капсулалау және оларды Biodrop арқылы ұшқышсыз ұшу аппаратымен (ҰҰА) қолдану. *Еуразиялық агротехникалық журнал*, 2(130), 93-108. DOI: [https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2\(130\).2191](https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2(130).2191).

ӨОЖ 68.35.41; 68.35.29; 68.85.85

Зерттеу мақаласы

Қызанақтың негізгі зиянкесіне қарсы энтомофагтарды капсулалау және оларды Biodrop арқылы ұшқышсыз ұшу аппаратымен (ҰҰА) қолдану

Мухамадиев Н.С. , Чадинова А.М. , Меңдібаева Г.Ж. , Рысбекова А.М. 
Фазылбеков Р. , Курмангалиева Н.Д. 

Ж. Жиембаев атындағы Қазақ өсімдік қорғау және карантин ғылыми зерттеу институты
Алматы, Қазақстан

Корреспондент-автор: Меңдібаева Г.Ж.: 1987gulnaz@gmail.com

Бірлескен авторлар: (1: НМ) nmukhamadiyev@gmail.com; (2: АЧ) aizhan_chadinova@mail.ru
(3: АР) rysbekova949r@gmail.com; (4: РФ) fazylbekov@gmail.com
(5: НК) n.kurmangalieva77@mail.ru

Келіп түсті: 04.04.2026 **Қабылданды:** 10.06.2026 **Жарияланды:** 30.06.2026

Авторлық құқық: Мухамадиев Н.С. т.б. Бұл мақала ашық қолжетімділікте жарияланып, Creative Commons Attribution 4.0 халықаралық лицензиясының шарттарына сәйкес таратылады (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Түйін

Алғышарттар мен мақсат. Қазіргі ауыл шаруашылығында химиялық пестицидтерді азайту және экологиялық қауіпсіз технологияларды енгізу қажеттілігі өсуде. Осыған байланысты зерттеудің мақсаты – трихограмма (*Trichogramma* spp.) мен габробракон (*Habrobracon hebetor*) энтомофагтарын жаппай өсіру, капсулалау және оларды ұшқышсыз ұшу аппараттары (ҰҰА) арқылы енгізу технологияларын жетілдіру.

Материалдар мен әдістер. Зерттеулер зертханалық және далалық жағдайда жүргізілді. Энтомофагтарды өсіру процесінде микроклимат параметрлерін бақылау үшін Edge–Fog–Cloud архитектурасына негізделген IoT жүйесі (Arduino Mega, Raspberry Pi 4В және датчиктер) қолданылды. PLA-пластиктен 3D-басып шығарылған биоыдырайтын капсулалар әзірленіп, олардың беріктігі 3 м биіктіктен түсіру арқылы бағаланды. Далалық тәжірибелерде биоагенттер Biodrop жүйесі арқылы енгізілді.

Нәтижелер. Оңтайлы капсула үлгілері (трихограмма үшін № 2–3, габробракон үшін № 3–4) иелердің 100% қоныстануын және паразитоидпен толық залалдануын қамтамасыз етті. Капсулалар механикалық әсерге төзімді болды. Алматы облысында жүргізілген тәжірибелерде биологиялық тиімділік 69,5–82,8% деңгейінде анықталды.

Қорытынды. Энтомофагтарды капсулалау, микроклиматты цифрлық бақылау және ҰҰА арқылы енгізу технологияларын біріктіру биологиялық қорғаудың тиімділігін арттырып, экологиялық қауіпсіз және автоматтандырылған ауыл шаруашылығын дамытуға мүмкіндік береді.

Кілт сөздер: өсімдіктерді биологиялық қорғау; *Trichogramma* spp.; *Habrobracon hebetor*; капсулалау; 3D-басып шығару; Biodrop автоматтандырылған жүйесі.

Кіріспе

Ауыл шаруашылығында биологиялық қорғау жүйелерінің дамуы қазіргі егіншіліктің басым бағыттарының біріне айналып, химиялық пестицидтерді қолдану көлемін қысқартуға және қоршаған ортаға түсетін антропогендік жүктемені азайтуға мүмкіндік береді. Қабыршаққанаттылар зиянкестеріне қарсы трихограмма (*Trichogramma* spp.) және габробракон (*Habrobracon hebetor*) энтомофагтары жоғары тиімділігімен ерекшеленіп, кеңінен қолданылуда [1].

Smith (1996) зерттеуінде трихограмманың жұмыртқа паразитоиды ретінде тиімділігі кеңінен талданып, оның көптеген ауыл шаруашылығы дақылдарында зиянкестердің жұмыртқа фазасын 70–90% деңгейінде жоюға қабілетті екені көрсетілген. Автор трихограмманы қолдану химиялық инсектицидтерді алмастыра алатын экологиялық қауіпсіз әдіс екенін атап өтеді, әсіресе интеграцияланған қорғау жүйелерінде оның маңызы жоғары екенін көрсеткен [2].

Hassan (1993) зерттеуінде трихограмманы жаппай өсірудің тиімділігі өндірістік технологиялардың дұрыс ұйымдастырылуына байланысты екені анықталған. Автордың мәліметтері бойынша, өндірістік жағдайда паразитоидтардың сапасы (паразиттеу деңгейі, өміршеңдігі) енгізу әдісі мен сақтау жағдайларына тікелей тәуелді. *van Lenteren* (2012) өз еңбегінде коммерциялық биобақылау агенттерінің тиімділігі оларды дұрыс жеткізу және уақытында енгізу технологияларымен анықталатынын көрсетеді, сонымен қатар сапаны бақылау жүйесінің маңыздылығын атап өткен [3, 1].

Parra (2010) зерттеуінде трихограмманы қолдану тиімділігі енгізу мерзімі мен нормасына тікелей байланысты екені дәлелденген. Автордың деректеріне сәйкес, дұрыс таңдалған енгізу уақыты кезінде паразиттеу деңгейі 80% және одан жоғары көрсеткіштерге жетеді. Сонымен қатар *Bigler* (1986), *Smith* және т.б. (2001) зерттеулерінде далалық жағдайда трихограмманың таралуы климаттық факторларға, өсімдік жамылғысына және зиянкестер тығыздығына байланысты өзгереді, бұл оның тиімділігін шектейтін негізгі факторлардың бірі екені көрсетілген [4, 5, 6].

Carvalho және т.б. (2005) зерттеуінде *Ephesia kuehniella* жұмыртқаларын жасанды иесі ретінде пайдалану трихограмманы өндірістік деңгейде өсірудің тиімді әдісі екені дәлелденген. Авторлар бұл иеде өсірілген паразитоидтардың шығу деңгейі жоғары (80–95%) және биологиялық сапасы тұрақты болатынын көрсеткен [7].

Соңғы жылдары биологиялық агенттерді қорғау және жеткізу технологиялары қарқынды дамуда. *Baldivieso* және т.б. (2023) зерттеуінде микрокапсулалау технологиясы биологиялық агенттердің қоршаған орта факторларына төзімділігін арттырып, олардың тіршілік қабілеттілігін сақтауға мүмкіндік беретіні анықталған. Авторлар микрокапсулаланған формалардың ультракүлгін сәулеге және температуралық стресс факторларына төзімділігі жоғары екенін көрсеткен [8]. *Celestino* және т.б. (2022) биополимер негізіндегі капсулалардың (альгинат, хитозан) биоагенттерді қорғауда тиімді және экологиялық тұрғыдан қауіпсіз екенін, олардың толық биодеградацияланатынын дәлелдеген [9].

Tomar және т.б. (2024), *Tyagi* және т.б. (2024) зерттеулерінде биологиялық қорғау жүйелерін цифрлық технологиялармен интеграциялау (дрондар, дәлме-дәл егіншілік жүйелері) олардың тиімділігін айтарлықтай арттыратынын көрсетілген. Авторлар биобақылау агенттерін максатты түрде енгізу арқылы олардың тиімділігі 20–30% жоғарылайтынын атап өткен [10, 11].

Lü және т.б. (2024) зерттеуінде температура мен ылғалдылықтың паразитоидтардың даму жылдамдығына және тіршілік қабілеттілігіне айтарлықтай әсер ететіні анықталған. Авторлардың мәліметтері бойынша, оптималды жағдайларда (25 °C және 70–80% ылғалдылық) паразитоидтардың даму циклі қысқарып, паразиттеу деңгейі жоғарылайды [12].

Atashi және т.б. (2021) зерттеуінде трихограмманы ұзақ уақыт бойы бір ғана иеде өсіру оның биологиялық сапасының төмендеуіне әкелетіні көрсетілген. Авторлар паразитоидтардың репродуктивтік қабілеті мен өміршеңдігі бірнеше генерациядан кейін төмендейтінін анықтаған [13]. *Laurentis* және т.б. (2019) зерттеуінде балама иелерді қолдану трихограмманың өнімділігін арттыруға мүмкіндік беретіні дәлелденген [14].

Khan және т.б. (2014) зерттеуінде трихограмманы (*Trichogramma chilonis*) мақта көбелегіне (*Helicoverpa armigera*) қарсы қолдану нәтижесінде далалық жағдайда 60–85% биологиялық тиімділікке қол жеткізілгені көрсетілген. Авторлар бұл әдіс химиялық инсектицидтерді қолдану жиілігін айтарлықтай төмендететінін атап өткен [15].

Қазақстан жағдайында энтомофагтарды қолданудың тиімділігі де тәжірибелік зерттеулерде дәлелденген. *Н.С. Мухамдиев* және т.б. (2025) зерттеуінде трихограмма мен габробраконды қолдану нәтижесінде мақта көбелегіне қарсы биологиялық тиімділік 75,9–85,6% деңгейінде болған, ал басқа аймақтарда 77,0–82,7% көрсеткіштер алынған. Авторлар атап өткендей: «энтомофагтарды қолдану зиянкестер санын экономикалық зияндылық шегінен төмен деңгейде тұрақты ұстап тұруға мүмкіндік береді және химиялық өңдеулер санын қысқартады» [16, 17].

Алайда бұл зерттеулерде биоагенттерді енгізу дәстүрлі әдістермен жүзеге асырылып, автоматтандыру, капсулалау және цифрлық бақылау жүйелері жеткілікті деңгейде қарастырылмаған.

Осы тұрғыдан алғанда, ұсынылып отырған зерттеу жұмысының ғылыми жаңалығы бірнеше инновациялық бағыттардың интеграциясымен сипатталады: биоыдырайтын PLA негізіндегі 3D-баспа капсулаларды қолдану, микроклиматты Edge-Fog-Cloud архитектурасы арқылы басқару және энтомофагтарды ҰҰА арқылы Biodrop жүйесімен енгізу.

Отандық және шет елдік зерттеулермен салыстырғанда шамалас болғанымен, ұсынылған технологияның басты артықшылығы – автоматтандыру, еңбек шығындарының азаюы және биоагенттердің сақталу деңгейінің жоғары болуы. Зертханалық жағдайда 100% қоныстану және паразиттелу көрсеткіштерінің алынуы капсулалау технологиясының жоғары тиімділігін дәлелдейді. Осылайша, ұсынылған зерттеу биологиялық қорғау әдістерін цифрлық технологиялармен интеграциялау арқылы жаңа сапалық деңгейге көтереді және тұрақты ауыл шаруашылығын дамытуға бағытталған.

Зерттеудің мақсаты – энтомофагтарды жаппай өсіру, капсулалау және оларды ұшқышсыз ұшу аппараттары арқылы енгізу технологияларын жетілдіру арқылы өсімдіктерді биологиялық қорғаудың тиімділігін арттыру.

Зерттеудің өзектілігі химиялық пестицидтерді қолдануды азайту, зиянкестердің төзімділігінің қалыптасуын болдырмау, агроэкожүйелердің тұрақтылығын арттыру және цифрлық технологияларға негізделген экологиялық қауіпсіз ауыл шаруашылығын дамыту қажеттілігімен анықталады.

Материалдар мен әдістер

Зерттеу жұмыстары «Ж. Жиембаев атындағы Қазақ өсімдік қорғау және карантин ғылыми зерттеу институты» ЖШС зертханаларында, сондай-ақ Алматы облысының Еңбекшіқазақ және Қарасай аудандарының шаруа қожалықтарында жүргізілді.

Трихограмма мен габробраконды өндіру желісін жетілдіру мақсатында заманауи датчиктер мен контроллерлерді пайдалана отырып сынақтар өткізілді. Зерттеулер барысында микроэлектромеханикалық жүйелер қолданылды микроэлектрондық және микромеханикалық компоненттерді біріктіретін құрылғылар. Олар температура, ылғалдылық, қысым және қозғалыс сияқты әртүрлі параметрлерді өлшеуге арналған датчиктер ретінде пайдаланылды. Атап айтқанда қысым датчиктері трихограмма мен габробраконды өндіру процесінде қоршаған орта параметрлерін бақылауға мүмкіндік берді.

Бағдарламаланатын логикалық контроллерлер (БЛК) – өндірістік желідегі процестерді басқаруға арналған арнайы құрылғылар. Бұл контроллерлер операцияларды автоматтандыруға, технологиялық параметрлерді бақылауға және олардың өзгерістеріне жедел әрекет етуге мүмкіндік береді. Мысалы, БЛК биологиялық агенттерді өсіру барысында температура, ылғалдылық және басқа да микроклимат көрсеткіштерін дәл реттеу үшін қолданылды.

Бақылау-өлшеу аспаптарымен (БӨА) интеграциялау – датчиктер мен реттегіштерді қамтитын БӨА өндірістің барлық кезеңдерінде параметрлерді сенімді өлшеу мен бақылауды қамтамасыз етті. Мысалы, температура датчиктері пайдалы жәндіктердің дамуына қолайлы жағдайларды тұрақты ұстап тұруға мүмкіндік берді.

Энтомофагтарды қорғау және тиімді енгізу мақсатында биоыдырайтын PLA негізіндегі капсулалар 3D-басып шығару әдісімен дайындалды. Капсулалар екі бөліктен (түбі және қақпағы) тұрады, ішкі құрылымы торлы болып келеді және биоагенттердің сақталуына бейімделген. Тесіктерінің мөлшері торлы толтыру деңгейін (~65%) өзгерту арқылы реттелді. Капсулалау әдісі биополимерлік материалдарды (альгинат, хитозан, крахмал) қолдану принциптеріне негізделді [8, 9].

Капсулалардың механикалық төзімділігі 3 м биіктіктен түсіру арқылы бағаланды, олар келесі формуламен (1) есептелді:

$$K = \left(\frac{N_s}{N}\right) \times 100 \text{ .} \quad (1)$$

мұндағы,

N_s – бүтін қалған капсулалар саны;

N – жалпы капсулалар саны.

Габробраконды капсулалау «өздігінен қоныстану» әдісімен жүзеге асырылды, яғни *Galleria mellonella* жұлдызқұрттары капсулаға өздігінен еніп, кейін паразитоидпен залалданды.

Микроклимат параметрлері Edge-Fog-Cloud архитектурасына негізделген интеллектуалды жүйе арқылы бақыланды.

Edge деңгейі: Arduino Mega және датчиктер (DHT11, BMP180, MQ-3, MQ-7, TCS3200).

Fog деңгейі: Raspberry Pi 4B (Flask, WebSocket).

Cloud деңгейі: веб-интерфейс (HTML, JavaScript, Socket.IO).

Температура мен ылғалдылықтың әсері энтомофагтардың дамуына негізгі фактор ретінде қарастырылды [12].

Орташа мән келесі формуламен (2) есептелді:

$$X = (\sum x_i) \div n, \quad (2)$$

мұндағы,

x_i – жеке бақылау нәтижелері (i-ші мән);

$\sum x_i$ – барлық бақылау нәтижелерінің қосындысы;

n – бақылаулар саны.

Қызанақ егістіктерінде зиянды организмдерді жерүсті мониторингілеу энтомология мен фитопатологияда жалпы қабылданған әдістеме бойынша жүргізілді [18].

Зиянкестердің ұшу динамикасын және санын анықтау үшін әр гектарға бір феромондық тұзақ орнатылды. Қызанақ егістіктерінде жүргізілген мониторинг барысында шахматтық тәртіппен орналастырылған 20 нүктеде (әр нүктеде 5 өсімдіктен) барлығы 100 модельдік өсімдік қаралып, фитофагтардың жұмыртқалары мен жұлдызқұрттарының саны есептелді.

Зиянкестердің орташа тығыздығы келесі формуламен (3) есептелді:

$$X = (\sum n) \div N, \quad (3)$$

мұндағы,

$\sum n$ – анықталған дарақтардың жалпы саны;

N – есепке алынған өсімдіктер саны.

Зиянкестердің ұшу динамикасын бақылау үшін феромон тұзақтары қолданылды (1 дана/га).

Мақта көбелегінің жұмыртқаларына қарсы трихограмма қолданылды, енгізу мөлшері гектарына 120 000–80 000 дарақ. Қызанақтағы көбелек жұлдызқұрттарына қарсы габробракон паразитоиды пайдаланылып, оның қолдану мөлшері 700–1050 дарақ/га құрады (1-кесте).

Енгізу нормасы келесі формуламен (4) есептелді:

$$R = N/S, \quad (4)$$

мұндағы,

N – жіберілген дарақтар саны;

S – өңделген алаң (га).

1-кесте – Қызанақ екпелерінде биоагенттерді енгізу мөлшері, 2025 ж.

Сорт үлгілері	Биоагент	Тәжірибе нұсқасы	1 капсуладағы дарак саны, дана	Шығын мөлшері, дарак/га	Капсулалар арақашықтығы (ұзындығы/ ені), см	Зиянкестің даму фазасы
Сюрприз Фабра F1	трихограмма	50 капсула/га	2400	120000	20/10	Алғашқы жұмыртқа салудың басталуы
			1600	80000		
		100 капсула/га	1200	120000	10/10	
			800	80000		
	Габробракон	10 капсула/га	70	700	20/50	Көбелектің III жастағы жұлдызқұрттарының пайда болуы
			70	700		
		15 капсула/га	70	1050	20/25	
			70	1050		

Биологиялық тиімділікті энтомофагтарды енгізгеннен кейін келесі формула (5) бойынша бағаланды [19]:

$$БЭ = \frac{\Pi}{M} \times (x + a)^n \quad (5)$$

мұндағы,

Π – энтомофагтарды енгізгеннен кейін паразиттелген жұмыртқа мен жұлдызқұрттардың саны;

M – энтомофагтарды енгізгенге дейін тірі жұмыртқа мен жұлдызқұрттардың саны.

Нәтижелер

Соңғы жылдары өсімдік шаруашылығында ауыл шаруашылығы дақылдарын зиянкестерден қорғаудың экологиялық қауіпсіз әдістеріне ерекше көңіл бөлінуде. Бұл міндет әсіресе қызанақ өсіру жағдайында өзекті, өйткені ол қабыршаққанатты зиянкестердің кең ауқымынан – мақта көбелегінен (*Helicoverpa armigera*), онтүстікамерикалық қызанақ көбелегінен (*Phthorimaea absoluta*), түрлі кеміргіш және басқа да зиянкестерден қатты зақымданады. Химиялық инсектицидтердің белсенді қолданылуы зиянкестерде төзімділіктің қалыптасуына, өнімде пестицид қалдықтарының жиналуына және қоршаған ортаға зиян келуіне әкеледі.

Осындай жағдайда биологиялық қорғау әдістері басымдыққа ие болады, олар зиянкестердің табиғи жауларын-энтомофагтарды, атап айтқанда трихограмма және габробракон қолдануға негізделген. Дегенмен, олардың егістік сынақтарында кең ауқымда қолданылуы үшін жаппай өсіру, капсулалау технологияларын және өмірлік циклді бақылау процесін автоматтандыруды оңтайландыру қажет.

Қазіргі уақытта биоагенттерді (трихограмма, габробракон) өсіру және капсулалау әдістерін жетілдіру жұмыстары, сондай-ақ микроклиматты автоматтандырылған бақылау жүйесін құру жұмыстары жүргізілуде. Бұл жүйе энтомофагтардың өмірлік маңызды көрсеткіштерін (температура, ауаның салыстырмалы ылғалдылығы, атмосфералық қысым және т.б.) автоматты түрде реттеуге мүмкіндік береді.

Микроклиматты бақылау жүйесі үш деңгейден тұрады: деректерді жинау деңгейі (Edge Layer)-Arduino Mega микроконтроллері DHT11, BMP180, MQ-3, MQ-7, TCS3200 датчиктері арқылы микроклимат параметрлері мен ауа құрамын өлшейді; агрегация және өңдеу деңгейі (Fog Layer) – Raspberry Pi 4B Flask-сервері мен WebSocket арқылы деректерді алдын ала өңдеу және интерфейс пен мәліметтер базасына жіберу жүзеге асырылады; визуализация және басқару деңгейі (Cloud/UI Layer)-HTML/JS веб-интерфейсі Socket.IO архитектурасы арқылы нақты уақыт режимінде ақпаратты көрсету және цифрлық егізге өту үшін дайындық жасайды (2, 3-кестелер).

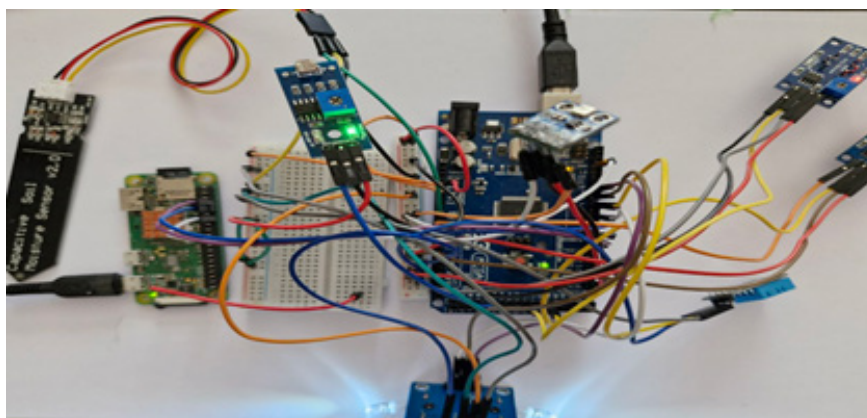
2-кесте – Микроклиматты бақылау жүйесінің архитектурасы

Деңгей	Компоненттер	Міндеті
Деректерді жинау деңгейі (Edge Layer)	Микроконтроллер Arduino Mega + датчиктер DHT11, BMP180, MQ-3, MQ-7, TCS3200	Микроклимат параметрлері мен атмосфера құрамын бақылау
Агрегация және өңдеу деңгейі (Fog Layer)	Raspberry Pi 4B + Flask-сервер, WebSocket	Деректерді алдын ала өңдеу, агрегаттау, интерфейс пен мәліметтер базасына жіберу
Визуализация және басқару деңгейі (Cloud/UI Layer)	Веб-интерфейс, Socket.IO архитектурасы, HTML/JS	Нақты уақыт режимінде мониторинг жүргізу, цифрлық егізге дейін кеңейту мүмкіндігі

3-кесте – Микроклиматты бақылау жүйесінің құрамдас бөлігі

Параметр	Датчик	Өлшеу диапазоны	Дәлдігі
Ауаның температурасы	DHT11 / BMP180	0–50 °C	± 2 °C
Ауаның салыстырмалы ылғалдылығы	DHT11	20–90%	± 5%
Атмосфералық қысым	BMP180	300–1100 гПа	± 2 гПа
CO ₂ (CO-мен ауыстырылған)	MQ-7	10–5000 ppm (CO)	± 10%
Газ буы	MQ-3	10–5000 ppm	± 10%
Жарықтылық / Түс	TCS3200	RGB 0–255	–

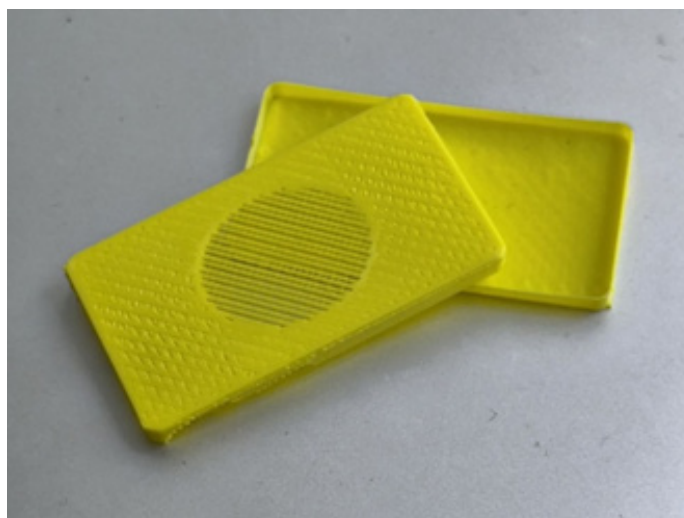
Микроклиматты бақылау жүйесі қоршаған ортаның негізгі параметрлерін үздіксіз өлшеуге арналған сенсорлар жиынтығынан тұрады, олар өсімдіктердің өсу жағдайын және агроэкожүйелердің жұмысын бағалау үшін шешуші мәнге ие. Әрбір сенсор белгілі бір өлшеу диапазоны мен дәлдікке ие, бұл оны дала және зертхана зерттеулерінің талаптарына сәйкес етеді. DHT11 және BMP180 сенсорлары температураны оқудың сенімділігін арттыру үшін бірге қолданылады. MQ-7 сенсоры көміртегі оксидінің (CO) деңгейін өлшейді, бұл жану немесе ауа ластануын көрсетуі мүмкін. MQ-3 сенсоры ұшқыш органикалық қосылыстарды, оның ішінде спирт буын тіркейді. TCS3200 сенсоры жарық деңгейін және түстік спектрді анықтайды, бұл фотосинтез жағдайларын бақылауда маңызды. Топырақ сенсоры топырақтың ылғалдылығын аналогтық сигнал (АЦП) арқылы өлшейді, бұл өсімдіктердің су қорын бағалауға мүмкіндік береді. Жүйе IoT ортасына интеграциялануы мүмкін, бұл деректерге қашықтан қолжетімділік пен микроклиматтық жағдайларды кейінгі талдау жасауға мүмкіндік береді.



1-сурет – Жүйе элементтерін қосу мысалы

1-суретте электрондық компоненттер көрсетілген, олар келесі параметрлерді бақылайды: ауа температурасы, ауа ылғалдылығы, атмосфералық қысым, CO₂ (CO-мен ауыстырылған), газ буы, жарықтылық/түстік спектр, топырақ ылғалдылығы.

Алдыңғы зерттеулер аясында трихограммаға арналған арнайы капсулалар жасалып, олар бар прототип шашқышқа бейімделген. Бұл капсулалар PLA-пластиктен 3D-басып шығару әдісімен дайындалып, екі бөліктен – қақпақ пен түбінен тұрады (2-сурет), олардың арасында биоагент орналасатын төсеніш бар.



2-сурет – PLA-дан жасалған капсула дизайнының алғашқы нұсқасы

Өткізілген сынақтар № 1 капсуланың конструкциясының жұмыс қабілеттілігін растады. Алайда қатты бетке, мысалы, асфальтқа шашқанда шамамен 30% капсулалар бөлшектерге ыдырап, биоагент қорғалмаған күйде қалды. Трихограммаға арналған капсулаларды Biodrop шашқышы арқылы ҰҰА-мен сынау жүзеге асты (3-сурет).



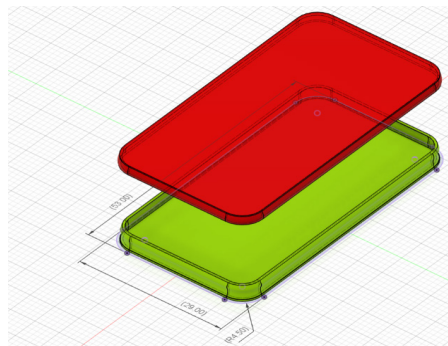
3-сурет – Трихограммаға арналған капсулаларды Biodrop автоматтандырылған жүйесі арқылы ҰҰА-мен сынау

BioDrop – Қазақстанда тікелей баламасы жоқ, биоагенттерді ұшқышсыз ұшу аппараттары арқылы автоматтандырылған түрде енгізуге негізделген өсімдіктерді қорғаудың инновациялық жүйесі. Технология пайдалы паразитоидтарды биоыдырайтын патенттелген капсулаларға орналастырып, оларды цифрлық карта негізінде дәл егіншілік қағидатымен егістікке айнымалы нормада таратуға (шашуға) мүмкіндік береді. Нәтижесінде химиялық пестицидтерді қолдану көлемі қысқарып, өнімнің экологиялық қауіпсіздігі сақталады және агроэкожүйенің табиғи тепе-теңдігі бұзылмайды. Жүйе жоғары өнімділікпен ерекшеленеді: бір оператор бір ауысымда 100 га-дан астам алқапты өңдей алады, ал трихограмма мен габробракон сияқты екі түрлі биоагентті бір мезгілде қолдану кең спектрлі зиянкестерге қарсы тиімді күрес жүргізуге мүмкіндік береді.

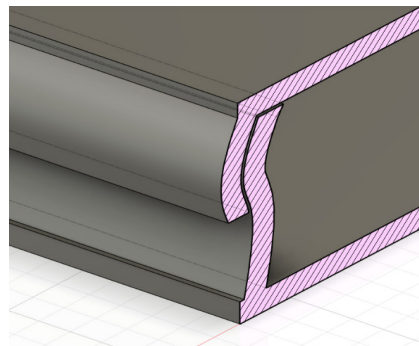
Нәтижесінде капсула дизайны қайта өңделді: пішіні жақсарды, жабу механизмі жетілдірілді, өлшемдері аздап өзгертілді, бұл өз кезегінде өзіндік құнын төмендетуге мүмкіндік берді. Жаңартылған капсулалар нұсқасы зертханалық сынақтардан сәтті өтті, конструкцияның

сенімділігі мен бүтіндігін көрсетті, ал жақын арада оны егістік сынақтарында тексеру жоспарлануда.

Жаңа № 2 капсула дизайны алдыңғыдан түбі мен қақпағының қабырғалары пішіні бойынша ерекшеленеді. Қақпақ түбін тығыз қоршап тұруы үшін оның пішіні сәл қисықталып жасалды (4-сурет).



Капсуланың жалпы көрінісі

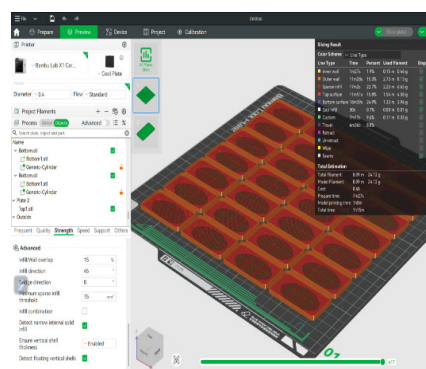
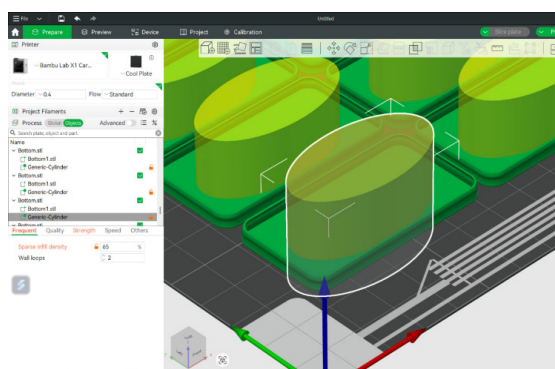


Капсула қабырғаларының қимасы

4-сурет – Капсуланың жаңа дизайны

Құрылымның беріктігін тексеру жүргізу барысында 3 м биіктен түсірілген кезде, капсулалар 30 сынақтан 30 ашылмады.

№ 3 капсулаларда тесіктерді қалыптастыру әдісіне ерекше назар аударылды. Бастапқыда капсулалар бүтін, тесіктерсіз жобаланған, кейін баспаға дайындау кезеңінде слайсерде (Bambu Slicer қолданылды) өзгерістер енгізілді. Толтыру параметрлерінде модификациялық объектілер жасалып (5-сурет), торлы толтырудың қажетті тесіктерді алу үшін параметрлері орнатылды. Торлы толтырудың тығыздығын өзгерту арқылы және сол арқылы тесіктердің диаметрін бақылау эксперименттері оңтайлы параметрлерді анықтауға мүмкіндік берді (6-сурет).



5-сурет – Bambu Studio слайдеріндегі модификациялайтын объектілер

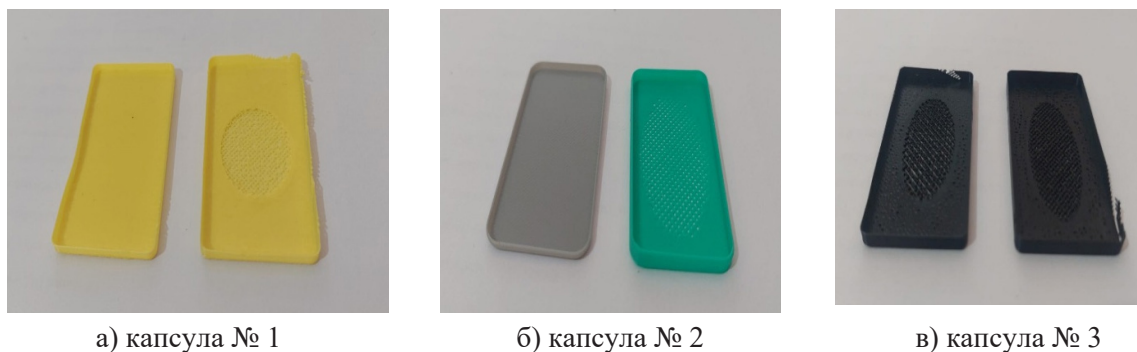


6-сурет – Торды әртүрлі дәрежеде толтыруды сынау

Трихограмма капсулаларын жинау процесі айтарлықтай жылдамдатылды, алайда төсеніштерді дайындау кезеңін әлі де оңтайландыру қажет. Эксперименттік жұмыстар барысында төсеменің бетіне жабындыны біркелкі тарату үшін сүзгі қолдану шешімі қабылданды. Прототип ретінде капсула түбі (торлы) пайдаланылды (7, 8-суреттер).



7-сурет – Трихограмма жұмыртқаларына арналған капсулалар
а) Трихограмма жұмыртқаларына арналған 50×50 мм сүзгі;
б-в) Трихограмманы капсулалау процесі



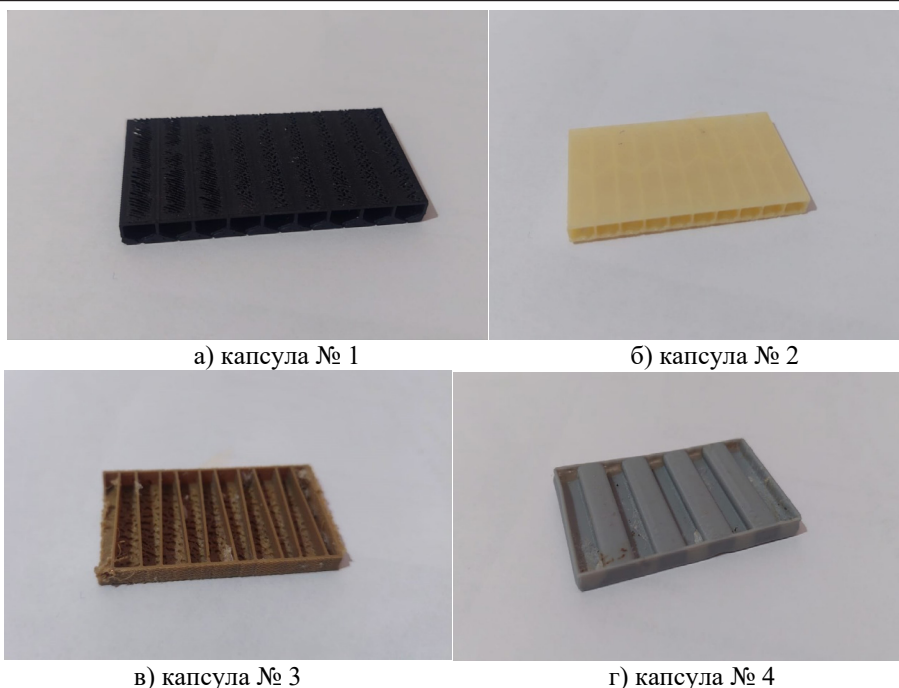
8-сурет – Трихограммаға арналған капсулалардың түрлері

Өлшеу нәтижелері мен тесіктердің салыстырмалы фотосуреттері талданып, осы деректер негізінде торлы толтырудың оңтайлы параметрі – 65% таңдалды.

Габробракон паразитоидын капсулалау әдісін әзірлеу бойынша жұмыстар жүргізілді. Жаңа тәсіл өздігінен қоныстану принципіне негізделген, мұнда балауыз көбелегінің жұлдызқұрттары (*Galleria mellonella*) қуыршақтануға арналған капсулаларға өздері қоныстанады. Капсулалар жұлдызқұрттарды тарту үшін арнайы жобаланған. Қоныстанғаннан кейін зертханалық жағдайда олар габробракон паразитоидының жұмыртқаларымен залалдандырылады. Алынған залалданған капсулаларды мақта көбелегіне қарсы биологиялық күресте қолдануға болады.

Әдістің негізгі артықшылығы – капсулаларды стандарттау: олар біркелкі, механикаландырылған өндіріс пен себуге жарамды, бұл технологияны дәстүрлі әртүрлі қағаз контейнерлерге қарағанда өнеркәсіптік қолдануға ыңғайлы етеді. Классикалық биотехнологиялық тәжірибеде габробраконды өсіру үшін бал қоректісі құрттары қолмен зақымданады, бұл көп еңбек шығынын талап етеді. Жаңа әдіс капсулаларды өндіруді, олардың қоныстануын және зақымдануын автоматтандыруға мүмкіндік береді. Ол үшін капсулалар арнайы жасалған ыдыстарға орналастырылады, онда құрттар табиғи түрде қоныстанып, кейін паразитоидпен зақымданады.

Зертханалық жағдайда габробракон үшін төрт түрлі капсуланы тестілеу тәжірибелері жүргізілді (9-12 суреттер). Айта кету керек, капсулалар аддитивтік өндіру (3D басып шығару) арқылы PLA-пластикадан жасалған, ал өндірушінің сипаттамасына сәйкес, ол 2 жыл ішінде ізсіз ыдырайды.

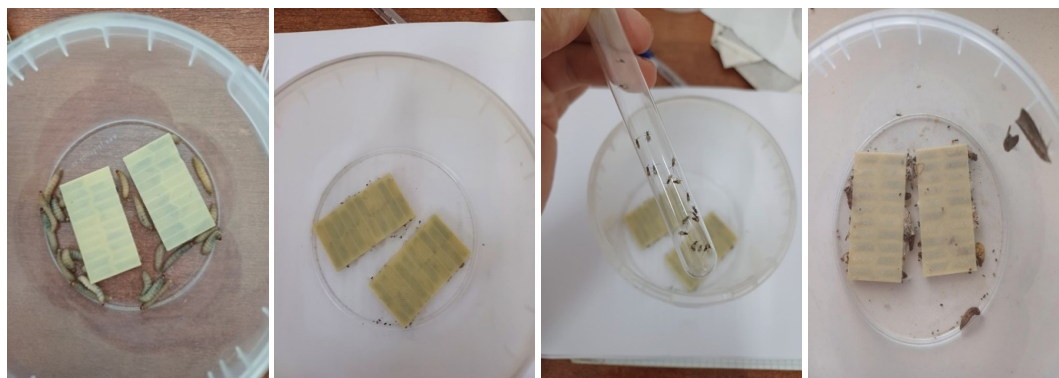


9-сурет – Габробраконға арналған капсулалардың түрлері

Капсула № 1 тек екі ұшынан ғана ашық мини-туннельдер сериясынан тұрады (бұл дернәсілдердің бүйір жағынан залалдануына кедергі келтірді). Капсула № 2 қимада зигзаг тәрізді профильге ие, оның қабырғалары ішке қарай көлбеу орналасқан. Мұндай құрылым жұлдызқұрттардың екі жағынан қоныстануына мүмкіндік беріп, олардың санын екі есе арттырады. Бұл конструкцияны өндіруге уақыт пен материал аз жұмсалады. № 1 және № 2 капсулаларда балауыз көбелегінің жұлдызқұрттары капсулаларға толық, яғни 100% қоныстанды. 8–9 күннен кейін балауыз көбелегінің қуыршағының ұшып шығуы 65% деңгейінде тіркелді, ал паразитоидпен залалдану 35%-ды құрады. Айта кету керек, залалданған балауыз көбелегі жұлдызқұрттарынан паразитоидтың толыққанды қуыршағы жекелеген ғана жағдайда шықты. Алынған деректер капсуладағы жұлдызқұрттардың барлығы бірдей паразитоидтармен залалданбағанын көрсетеді, бұл аталған әдіс кезінде залалдаудың толық тиімді еместігін аңғартады.

№ 3 және № 4 капсулаларда да балауыз көбелегінің жұлдызқұрттары капсуланың ұяшықтарына толық (100%) қоныстанды. Балауыз көбелегінің қуыршағының ұшып шығуы тіркелмеді, бұл паразитоидпен толық залалданғанын көрсетеді. Бір капсуладан орта есеппен 71,5 габробракон қуыршағы шықты.

Зертханалық жағдайда капсулалардың әртүрлі түрлері салыстырылды. Сынақтар барысында капсула ішіндегі ұяшықтардың бойлық бағытта орналасуы неғұрлым қолайлы екені анықталды. Мұндай жағдайда иесінің жұлдызқұрты қуыршақ түзген кезде габробраконның паразитоидымен залалдануға анағұрлым қолжетімді болады (10–13-суреттер).



10-сурет – Қоныстандырылған № 2 капсуланың көрінісі

Осылайша, № 3 және № 4 капсулалармен жүргізілген тәжірибенің нәтижелері әзірленген әдістің жоғары тиімділігін көрсетті: жұлдызқұрттардың толық қоныстануы және паразитоидпен 100% залалдануы қамтамасыз етіліп, бұл габробраконның ересек дарактарының жоғары деңгейде шығуына алып келді.



11-сурет – Қоныстандырылған № 3 капсуланың көрінісі



12-сурет – Қоныстандырылған № 4 капсуланың көрінісі

Зертханалық тәжірибелер көрсеткендей, жұлдызқұрттар № 4 капсуланы сәтті қоныстанып, габробраконның толық дамуын қамтамасыз етті және ересек жәндіктің шығуына мүмкіндік берді. Бұл нәтижелер ұсынылған технологияның өміршеңдігін растап, оны өсімдіктерді биологиялық қорғау жүйелерінде ауқымды қолдануға жоғары әлеуетін көрсетті.



13-сурет – Габробраконмен залалданған балауыз көбелегінің жұлдызқұрты бар капсулалар

Алматы облысының шаруашылықтарында Biodrop автоматтандырылған жүйесі көмегімен ҰҰА арқылы капсулаланған биоагенттерді енгізу бойынша далалық тәжірибелер маусым айында басталды. Мақта көбелегінің алғашқы жұмыртқа салуы мен қуыршақтарының жаппай ұша бастауы кезінде трихограмма шығарылды, ал жұлдызқұрттардың ересек жастағы сатылары пайда болған кезде габробракон енгізілді (4-кесте).

4-кесте – Қызанақ алқабында мақта көбелегіне қарсы биоагенттерді капсулалар арқылы енгізу, Алматы облысы, Қарасай ауданы, 2025 ж.

Гибрид	Тәжірибе нұсқасы	Биоагент	Шығарылған күні	Шығару нормасы, жеке/га	Зиянкестің даму фазасы
Фабра F1	50 капсула/га	трихограмма	23.06	120000	бірінші жұмыртқалар пайда болған кездегі фаза
			27.06	80000	
			23.06	120000	
			27.06	80000	
	10 капсула/га	габро-бракон	11.07	700	ересек жұлдызқұрт пайда болған кездегі фаза
			15.07	700	
			11.07	1050	
			15.07	1050	

23 маусым күні мақта көбелегіне қарсы трихограмма капсулаларында гектарына 120000 дарақ есебімен шығару жұмыстары жүргізілді. Шығару екі нұсқада жүзеге асырылды: гектарына 50 және 100 нүкте орналастыру арқылы. Орналастыру нұсқалары бойынша паразитоидты гектарына 80000 дарақ мөлшерінде қайта енгізу 27 маусым күні жүргізілді.

ҰҰА-мен Biodrop автоматтандырылған жүйесі арқылы капсулаларда қолданылған трихограмма мен габробраконның биологиялық тиімділігі анықталды (5-кесте).

5-кесте – Қызанақ егістіктерінде мақта көбелегіне қарсы капсулалардағы трихограмма мен габробраконның биологиялық тиімділігі, Алматы облысы, Қарасай ауданы, 2025 ж.

Тәжірибе нұсқасы	Өсімдік фазасы	Орташа жұмыртқа мен жұлдызқұрттар саны 100 өсімдікке дейін / кейін		Биологиялық тиімділік, %
		шығаруға дейін	паразиттелген	
екінші ұрпақ				
Трихограмма 100 нүкте/га, габробракон 15 нүкте/га	бұршіктену	10,0	7,75	77,5
Трихограмма 50 нүкте/га, габробракон 10 нүкте/га		11,5	8,0	69,5
Бақылау (енгізілмеген)		9,5	-	-
үшінші ұрпақ				
Трихограмма 100 нүкте/га, габробракон 15 нүкте/га	жеміс түзілу	7,0	5,8	82,8
Трихограмма 50 нүкте/га, габробракон 10 нүкте/га		9,2	6,5	70,6
Бақылау (енгізілмеген)		16,0	-	-

Өсімдіктердің бұршіктену кезеңінде мақта көбелегінің екінші ұрпағына қарсы биологиялық тиімділік гектарына 10 нүкте болғанда 69,5%, ал гектарына 15 нүкте болғанда 77,5% құрады. Өсімдіктердің жеміс түзу фазасында үшінші ұрпаққа қарсы тиімділік тиісінше 70,6% және 82,8% деңгейіне жетті.

Талқылау

Қызанақ егістіктерінде мақта көбелегіне қарсы биоагенттерді қолдану бойынша жүргізілген далалық сынақтар капсулаланған энтомофагтар – трихограмма мен габробраконды оңтайлы шығару мөлшері мен орналастыру нүктелерінің тығыздығын сақтай отырып пайдаланудың жоғары тиімділігін көрсетті. Осылайша, паразитоидтарды шығару нүктелерінің тығыздығын арттыра отырып бірлесіп қолдану мақта көбелегінің санын сенімді түрде басуға мүмкіндік береді, зиянкестің зияндылығын төмендетіп, экологиялық қауіпсіз қорғаудың алғышарттарын қалыптастырады.

Arduino Mega микроконтроллері, Raspberry Pi 4B мини-компьютері және көпсенсорлы модуль (DHT11, BMP180, MQ-3, MQ-7, TCS3200) негізінде Edge–Fog–Cloud үш деңгейлі архитектураға сүйенген микроклиматты интеллектуалды мониторинг жүйесі әзірленді. Бұл жүйені енгізу температураны, ылғалдылықты, қысымды және ауадағы газ құрамын нақты уақыт режимінде автоматты түрде бақылауды қамтамасыз етіп, энтомофабриканың «цифрлық егізін» құруға және ақылды ауыл шаруашылығы (Smart Agriculture) тұжырымдамасын жүзеге асыруға негіз қалайды.

Жұмыстың маңызды технологиялық нәтижесі ретінде трихограмма және габробракон үшін PLA-пластиктен жасалған жаңа буындағы биоыдырайтын 3D-баспа капсулалары жасалып, сынақтан өткізілді. Оңтайландырылған конструкциялар (трихограмма үшін № 2, 3 капсулалар және габробракон үшін № 3, 4 капсулалар) иелердің толық қоныстануын, паразитоидпен 100% залалдануды және механикаландырылған енгізу кезінде жоғары механикалық беріктікті қамтамасыз етті. Капсулалар материалы экологиялық қауіпсіз және екі жыл ішінде толық ыдырайды, бұл тұрақты егіншілік қағидаттарына толық сәйкес келеді.

Алматы облысында жүргізілген далалық сынақтар әзірленген технологиялардың жоғары биологиялық тиімділігін растады. Biodrop энтомофагтарды тарату құралы арқылы ҰҰА-мен трихограмма капсулаларын (100 нүкте/га) және габробраконды (15 нүкте/га) бірлесіп енгізу бақылаумен салыстырғанда мақта көбелегінің санын 82,8% дейін төмендетуді қамтамасыз етті. Алынған деректер ұсынылған биотехнологиялық шешімдердің ашық топырақ жағдайында жоғары бейімделгіштігін және практикалық қолдануға жарамдылығын көрсетеді.

Жалпы алғанда, энтомофагтарды өсірудің жетілдірілген әдістерін, микроклиматты басқарудың интеллектуалды жүйесін және 3D-баспа негізіндегі капсулалау технологиясын интеграциялау биологиялық өсімдіктерді қорғау құралдарын өнеркәсіптік, автоматтандырылған және экологиялық қауіпсіз түрде өндірудің негізін қалайды. Бұл тәсілді іске асыру химиялық инсектицидтерді қолдануды азайтуға, агроэкожүйелерге пестицидтік жүктемені төмендетуге және цифрландыру мен экологиялық интеграция қағидаттарына негізделген тұрақты ауыл шаруашылығына көшуге ықпал етеді.

Қорытынды

Алынған нәтижелер экологиялық қауіпсіз, ауқымды және экономикалық тұрғыдан тиімді өсімдіктерді биологиялық қорғау стратегияларын дамытуға елеулі үлес қосады. Әзірленген технологиялар қызанақ зиянкестерін тұрақты басқару жүйелеріне сәтті енгізілуі мүмкін, сондай-ақ әртүрлі агроклиматтық аймақтарда басқа ауыл шаруашылығы дақылдарын қорғауға бейімделуі ықтимал. Бұл қазіргі заманғы өсімдік шаруашылығы тәжірибесіне инновациялық биологиялық әдістерді кең көлемде енгізуге жаңа мүмкіндіктер ашады.

Авторлардың қосқан үлесі

НМ: энтомофагтарды өсірудің жетілдірілген әдістерін, микроклиматты басқарудың интеллектуалды жүйесін зерттеді, мақаланың негізгі бөлімін жазды. АЧ: Энтомофагтарды өсіру және далалық сынақтарды жүргізу жұмыстарын атқарды. ГМ: эксперименттерді ұйымдастыру, мақаланы өңдеу және жариялауға дайындау. АР: Arduino Mega микроконтроллері, Raspberry Pi 4B мини-компьютері және көпсенсорлы модуль (DHT11, BMP180, MQ-3, MQ-7, TCS3200) негізінде Edge–Fog–Cloud үш деңгейлі архитектураға сүйенген микроклиматты интеллектуалды мониторинг жүйесін әзірледі. РФ: Трихограмма және габробракон үшін PLA-пластиктен жасалған жаңа буындағы биоыдырайтын 3D-баспа капсулалар жасап, сынақтан өткізді. НК: далалық зерттеулерді жүргізді, әдістемелерді дайындады.

Қаржыландыру туралы ақпарат

Зерттеу жұмыстары Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы министрлігінің 2024–2026 жылдары қаржыландыруымен BR22885887 «Зиянды организмдерді басқару жүйесін жетілдіру және өндіру» ғылыми-техникалық бағдарламасының 3-міндеті «Пестицидтер мен биоагенттерді (энтомофагтар) нақты қолдану технологиясын енгізу» шеңберінде орындалды.

Әдебиеттер тізімі

- 1 Van Lenteren, J.C. (2012). The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. *BioControl*, 57, 1–20. DOI: 10.1007/s10526-011-9395-1.
- 2 Smith, S.M. (1996). Biological control with Trichogramma: advances, successes, and potential of their use. *Annual Review of Entomology*, 41, 375–406. DOI:10.1146/annurev.en.41.010196.002111.
- 3 Hassan, S.A. (1993). The mass rearing and utilization of Trichogramma to control lepidopterous pests: achievements and outlook. *Pesticide Science*, 37, 387–391.
- 4 Parra, J.R.P. (2010). *Egg parasitoids in biological control systems*. In Egg Parasitoids in Agroecosystems with Emphasis on Trichogramma Springer. 1–40.
- 5 Bigler, F. (1986). *Quality control in Trichogramma production*. In Proceedings of the International Symposium on Trichogramma. 93–111.
- 6 Smith, S.M., Hubbes, M., Carrow, J.R. (2001). Advances in Trichogramma biological control. *Annual Review of Entomology*, 46, 245–273.
- 7 Carvalho, G.A., Parra, J.R.P., Baptista, G.C. (2005). Rearing of Trichogramma pretiosum on Ephestia kuehniella eggs. *Neotropical Entomology*, 34(2), 197–201. DOI:10.1590/S1519-566X2005000200001.
- 8 Baldiviezo, L.V., Guzmán-Franco, A.W., García, J.A. (2023). Microencapsulation of a native strain of an entomopathogenic fungus: an alternative for biological control. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1193942. DOI:10.3389/fmicb.2023.1193942.
- 9 Celestino, M.F., de Oliveira, L.C., Silva, A.P. et al. (2022). Encapsulation methods of entomopathogenic fungi for their application in biological control. *Research, Society and Development*, 11(10), e380111038031. DOI:10.33448/rsd-v11i10.38031.
- 10 Tomar, P., Sharma, A., Singh, R. (2024). Entomopathogenic microorganisms as biocontrol agents: formulations, applications and future prospects. *Applied Soil Ecology*, 195, 104961. DOI: 10.1016/j.apsoil.2024.104961.
- 11 Tyagi, S., et al. (2024). Digital agriculture and biological protection systems. *Agricultural Water Management*, 290, 108500. DOI: 10.1016/j.agwat.2024.108500.
- 12 Lü, X., Sun, Z., Liu, Y. et al. (2024). Evaluation of key factors for mass rearing the egg parasitoid Telenomus remus. *CABI Agriculture and Bioscience*, 5, 263. DOI:10.1186/s43170-024-00263-w.
- 13 Atashi, N., et al. (2021). Effects of host egg age on Trichogramma performance. *Insects*, 12(8), 724.
- 14 Laurentis, V.L., et al. (2019). Performance of Trichogramma pretiosum on different hosts. *Scientific Reports*, 9, 11917.
- 15 Khan, M.A., Ashfaq, M., Ahmad, S. et al. (2014). Field evaluation of Trichogramma chilonis against Helicoverpa armigera in tomato crop. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 51(2), 321–326.
- 16 Мухамадиев, Н.С., Курманғалиева, Н.Д., Чадинова, А.М., Мендибаева, Г.Ж., Жузбаев, М.Ж. (2025). Эффективность применения энтомофагов на посадках томата против хлопковой совки. *Исследования, результаты*, 2, 190–198. DOI:10.37884/2-2025/19.
- 17 Мухамадиев, Н.С., Курманғалиева, Н.Д., Чадинова, А.М., Мендибаева, Г.Ж., Кенес, Н.Т. (2025). Особенности развития южноамериканской томатной моли (*Tuta absoluta*) на посадках томатов. *Вестник Кызылординского университета имени Коркыт Ата*, 2(73), 154–164. DOI:10.52081/bkaku.2025.v73.i2.263.
- 18 Твердюков, А.П., Никонов, П.В., Ющенко, Н.П. (1993). *Биологический метод борьбы с вредителями и болезнями в защищенном грунте*. Москва: Колос. 25–31.
- 19 Агасьева, И.С. и др. (2019). Оценка биологической эффективности биологических средств защиты растений против основных вредителей кукурузы. *Масличные культуры*, 3(179), 124–129.

References

- 1 Van Lenteren, J.C. (2012). The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. *BioControl*, 57, 1–20. DOI:10.1007/s10526-011-9395-1.
- 2 Smith, S.M. (1996). Biological control with Trichogramma: advances, successes, and potential of their use. *Annual Review of Entomology*, 41, 375–406. DOI:10.1146/annurev.en.41.010196.002111.
- 3 Hassan, S.A. (1993). The mass rearing and utilization of Trichogramma to control lepidopterous pests: achievements and outlook. *Pesticide Science*, 37, 387–391.
- 4 Parra, J.R.P. (2010). *Egg parasitoids in biological control systems*. In Egg Parasitoids in Agroecosystems with Emphasis on Trichogramma Springer. 1–40.
- 5 Bigler, F. (1986). *Quality control in Trichogramma production*. In Proceedings of the International Symposium on Trichogramma. 93–111.
- 6 Smith, S.M., Hubbes, M., Carrow, J.R. (2001). Advances in Trichogramma biological control. *Annual Review of Entomology*, 46, 245–273.
- 7 Carvalho, G.A., Parra, J.R.P., Baptista, G.C. (2005). Rearing of Trichogramma pretiosum on Ephestia kuehniella eggs. *Neotropical Entomology*, 34(2), 197–201. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2005000200001>
- 8 Baldviezo, L.V., Guzmán-Franco, A.W., García, J.A. (2023). Microencapsulation of a native strain of an entomopathogenic fungus: an alternative for biological control. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1193942. DOI:10.3389/fmicb.2023.1193942.
- 9 Celestino, M.F., de Oliveira, L.C., Silva, A.P. et al. (2022). Encapsulation methods of entomopathogenic fungi for their application in biological control. *Research, Society and Development*, 11(10), e380111038031. DOI:10.33448/rsd-v11i10.38031.
- 10 Tomar, P., Sharma, A., Singh, R. (2024). Entomopathogenic microorganisms as biocontrol agents: formulations, applications and future prospects. *Applied Soil Ecology*, 195, 104961. DOI: 10.1016/j.apsoil.2024.104961.
- 11 Tyagi, S., et al. (2024). Digital agriculture and biological protection systems. *Agricultural Water Management*, 290, 108500. DOI: 10.1016/j.agwat.2024.108500.
- 12 Lü, X., Sun, Z., Liu, Y., et al. (2024). Evaluation of key factors for mass rearing the egg parasitoid Telenomus remus. *CABI Agriculture and Bioscience*, 5, 263. DOI:10.1186/s43170-024-00263-w.
- 13 Atashi, N., et al. (2021). Effects of host egg age on Trichogramma performance. *Insects*, 12(8), 724.
- 14 Laurentis, V.L., et al. (2019). Performance of Trichogramma pretiosum on different hosts. *Scientific Reports*, 9, 11917.
- 15 Khan, M.A., Ashfaq, M., Ahmad, S. et al. (2014). Field evaluation of Trichogramma chilonis against Helicoverpa armigera in tomato crop. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 51(2), 321–326.
- 16 Mukhamadiev, N.S., Kurmangalieva, N.D., Chadinova, A.M., Mendibaeva, G.Zh., Zhuzbaev, M.Zh. (2025). Effektivnost' primeneniya entomofagov na posadkakh tomata protiv khlopkovoy sovki. *Issledovaniya, rezul'taty*, 2, 190–198. DOI:10.37884/2-2025/19. [in Russ].
- 17 Mukhamadiev, N.S., Kurmangalieva, N.D., Chadinova, A.M., Mendibaeva, G.Zh., Kenes, N.T. (2025). Osobennosti razvitiya yuzhnoamerikanskoy tomatnoy moli (*Tuta absoluta*) na posadkakh tomatov. *Vestnik Kyzylordinskogo universiteta imeni Korkyt Ata*, 2(73), 154–164. DOI:10.52081/bkaku.2025.v73.i2.263. [in Russ].
- 18 Tverdyukov, A.P., Nikonov, P.V., Yushchenko, N.P. (1993). *Biologicheskiy metod bor'by s vredityelyami i boleznyami v zashchishchennom grunte*. Moscow: Kolos, 25–31. [in Russ].
- 19 Agas'eva, I.S. et al. (2019). Ocenka biologicheskoy effektivnosti biologicheskikh sredstv zashchity rasteniy protiv osnovnykh vreditel'ey kukuruzy. *Maslichnye kul'tury*, 3(179), 124–129. [in Russ].

Капсулирование энтомофагов против основного вредителя томата и их применение с использованием беспилотного летательного аппарата (БПЛА) по технологии Biodrop

Мухамадиев Н.С., Чадинова А.М., Мендібаева Г.Ж., Рысбекова А.М., Фазылбеков Р.
Курмангалиева Н.Д.

Аннотация

Предпосылки и цель. Современное сельское хозяйство требует снижения уровня применения химических пестицидов и внедрения экологически безопасных технологий. Цель исследования – совершенствование технологий массового разведения, капсулирования энтомофагов (*Trichogramma* spp., *Habrobracon hebetor*) и их внесения с использованием БПЛА.

Материалы и методы. Исследования проводились в лабораторных и полевых условиях. Для контроля микроклимата применена IoT-система на основе архитектуры Edge–Fog–Cloud (Arduino Mega, Raspberry Pi 4B, датчики). Разработаны биоразлагаемые капсулы из PLA методом 3D-печати, их прочность оценивалась при сбросе с высоты 3 м. В полевых условиях биоагенты вносились с помощью системы Biodrop.

Результаты. Оптимальные конструкции капсул (№ 1, 2 для трихограммы, № 3, 4 для габробракона) обеспечили 100% заселение и паразитирование. Капсулы показали высокую механическую устойчивость. Биологическая эффективность в полевых условиях составила 69,5–82,8%.

Заключение. Интеграция технологий капсулирования, цифрового мониторинга микроклимата и применения БПЛА повышает эффективность биологической защиты растений и способствует развитию устойчивого и экологически безопасного сельского хозяйства.

Ключевые слова: биологическая защита растений; *Trichogramma* spp.; *Habrobracon hebetor*; капсулирование; 3D-печать; аппаратно-программный комплекс BioDrop.

Encapsulation of entomophages against the main tomato pest and their application using unmanned aerial vehicles (UAVs) based on Biodrop technology

Nurzhan Mukhamadiyev, Aizhan Chadinova, Gulnaz Mengdibayeva, Alua Rysbekova
Rinat Fazyzbekov, Nurbakyt Kurmangaliyeva

Abstract

Background and Aim. Modern agriculture requires a reduction in chemical pesticide use and an implementation of environmentally safe technologies. The aim of this study was to optimize technologies for mass rearing and encapsulation of entomophagous biological control agents (*Trichogramma* spp., *Habrobracon hebetor*), as well as to evaluate their application using UAVs.

Materials and Methods. The study was conducted under both laboratory and field conditions. An IoT-based microclimate monitoring system with Edge Fog Cloud architecture (Arduino Mega, Raspberry Pi 4B, sensors) was implemented. Biodegradable PLA capsules were developed using 3D printing, and their durability was tested by dropping from a height of 3 m. Field application was carried out using the Biodrop system.

Results. Optimal capsule designs (No. 2–3 for *Trichogramma*, No. 3–4 for *Habrobracon*) ensured 100% host colonization and parasitization. The capsules demonstrated high mechanical stability. Field experiments showed biological efficiency ranging from 69.5% to 82.8%.

Conclusion. The integration of encapsulation technology, digital microclimate monitoring, and UAV-based application enhances the efficiency of biological plant protection, supporting the development of sustainable and environmentally friendly agriculture.

Keywords: biological plant protection; *Trichogramma* spp.; *Habrobracon hebetor*; encapsulation; 3D printing; BioDrop hardware software complex.

Как цитировать: Губашев, Н.М., Косилов, В.И., Амангалиев, Т.Г., Жумагазиева, С.М. (2026). Рациональное использование генетического потенциала мясного скота при промышленном скрещивании. *Евразийский агротехнический журнал*, 2(130), 109-117. DOI: [https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2\(130\).2118](https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2(130).2118).

УДК 636.2:636.4:636.7

Исследовательская статья

Рациональное использование генетического потенциала мясного скота при промышленном скрещивании

Губашев Н.М.¹ , Косилов В.И.² , Амангалиев Т.Г.¹ , Жумагазиева С.М.³ 

¹Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана
Уральск, Казахстан

² ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный аграрный университет» Оренбург, Россия

³Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина
Астана, Казахстан

Автор-корреспондент: Губашев Н.М.: gubashevnurken@gmail.com

Соавторы: (1: ВК) kosilov_vi@bk.ru; (2: ТГ) tlegenag@mail.ru; (3: СЖ) sanya270181@mail.ru

Получено: 14.01.2026 **Принято:** 17.06.2026 **Опубликовано:** 30.06.2026

Авторские права: Губашев Н.М. и др. Данная статья размещена в открытом доступе и распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Аннотация

Предпосылки и цель. Повышение эффективности мясного скотоводства требует более полного использования генетического потенциала мясных пород и рационального подбора породных сочетаний. Одним из действенных путей интенсификации отрасли является промышленное скрещивание, основанное на использовании эффекта гетерозиса. Целью исследования явилась сравнительная оценка мясной продуктивности, качества говядины и показателей биоконверсии кормов у молодняка казахской белоголовой породы и её помесей первого поколения со светлой аквитанской породой.

Материалы и методы. Исследования проведены на молодняке крупного рогатого скота, сформированном в четыре группы по принципу аналогов: кастраты и тёлки казахской белоголовой породы (контроль), а также их помеси ($\frac{1}{2}$ светлая аквитанская $\times$ $\frac{1}{2}$ казахская белоголовая). Животных выращивали и откармливали до 21-месячного возраста. Оценивали показатели живой массы, среднесуточного прироста, кормоёмкости, предубойной массы, убойных качеств, морфологического и сортового состава туш, химического состава мяса, энергетической ценности и коэффициентов биоконверсии протеина и энергии. Полученные данные обработаны методами вариационной статистики с оценкой достоверности различий по критерию Стьюдента.

Результаты. Установлено, что помесные бычки достоверно превосходят чистопородных аналогов по живой массе, среднесуточному приросту и убойной массе. Эффект скрещивания проявился в увеличении выхода мякоти, доли мяса высшего и первого сортов, а также в более рациональном использовании кормов. Мясо помесных животных характеризуется высоким содержанием протеина и умеренной жирностью, обеспечивающими оптимальную энергетическую ценность. Показатели биоконверсии протеина и энергии подтверждают экономическую и биологическую целесообразность промышленного скрещивания для повышения эффективности производства говядины.

Закключение. Производственное скрещивание казахской белоголовой породы со светлой аквитанской породой является эффективным методом повышения мясной продуктивности, качества говядины и экономической эффективности производства.

Ключевые слова: мясное скотоводство; промышленное скрещивание; помесные бычки; мясная продуктивность; биоконверсия кормов; качество мяса.

Введение

Обеспечение населения страны высококачественной животноводческой продукцией требует эффективного использования всего генетического потенциала мясного скота как отечественного, так и импортного происхождения. В современных условиях особую значимость приобретает рациональное использование породного и внутрилинейного разнообразия мясных пород, совершенствование систем кормления и содержания животных, а также внедрение инновационных технологий производства говядины, занимающей ведущее место в мясном балансе страны [1].

Развитие мясного скотоводства исключительно на основе чистопородного разведения ограничивается рядом факторов – узостью генетической базы, снижением адаптационных способностей животных и медленным темпом селекционного прогресса. Создание высокопродуктивных товарных стад, полностью укомплектованных животными требуемого уровня, требует значительных временных и материальных затрат [2,3].

Одним из наиболее эффективных путей повышения продуктивности и рентабельности мясного скотоводства является рациональное промышленное скрещивание мясных пород, позволяющее объединить в одном генотипе лучшие качества исходных форм – высокую скорость роста, мясную и убойную продуктивность, стрессоустойчивость и адаптацию к конкретным природно-климатическим условиям. Использование эффекта гетерозиса при межпородном скрещивании способствует существенному росту эффективности производства говядины и улучшению её качественных характеристик [4–8].

Западный Казахстан традиционно рассматривается как один из наиболее перспективных регионов для развития мясного скотоводства, обладающий благоприятными климатическими условиями и обширными пастбищными угодьями. Однако успешное развитие отрасли и её экономическая эффективность во многом зависят от научно обоснованного выбора пород и генотипов для разведения и скрещивания в конкретных природно-географических зонах.

В этой связи особую актуальность приобретает сравнительная оценка продуктивных и мясных качеств животных, а также эффективности использования кормов и энергетической конверсии при промышленном скрещивании мясных пород крупного рогатого скота.

Проведение таких исследований позволяет определить оптимальные схемы скрещивания, способствующие более полному раскрытию генетического потенциала животных и повышению экономической эффективности производства говядины.

Материалы и методы

Исследования направлены на сравнительную оценку мясной продуктивности молодняка казахской белоголовой породы и её помесей первого поколения со светлой аквитанской породой. Для изучения влияния породных сочетаний на формирование мясных качеств животных были сформированы четыре группы по принципу аналогов с учётом происхождения, пола и живой массы в начале опыта, по 12 голов в каждой группе.

В первую (контрольную) группу включали кастратов казахской белоголовой породы, во вторую – кастратов помесного происхождения ($\frac{1}{2}$ светлая аквитанская $\times$ $\frac{1}{2}$ казахская белоголовая). Третья группа состояла из тёлочек казахской белоголовой породы (контроль), а четвёртая – из тёлочек аналогичного помесного происхождения.

Животных выращивали и откармливали до 21-месячного возраста, после чего проводили контрольный убой типичных представителей по 3 головы с каждой группы. При убое определяли предубойную массу, массу парной и охлаждённой туши, массу внутренних органов и жировых отложений, а также рассчитывали убойный выход.

Морфологический состав туш анализировали путём разделения тканей на мышечную, жировую и костную фракции, после чего вычисляли их соотношение и индекс мясности. Сортный состав туши устанавливали разрубом полутуш с выделением мяса по категориям – высшего, первого и второго сортов.

Химический состав мякоти туши определяли по общепринятым методикам: устанавливали содержание сухого вещества, протеина, жира и золы. Энергетическую ценность рассчитывали по суммарному содержанию протеина и жира с использованием энергетических коэффициентов.

Для более комплексной характеристики мясной продуктивности дополнительно определяли показатели биоконверсии питательных веществ – протеина и жира, выраженные как отношение количества веществ, отложенных в теле животного, к их общему поступлению с кормом за период выращивания и откорма.

Полученные данные подвергали статистической обработке методами вариационной статистики с использованием стандартных программных средств. Достоверность различий между средними величинами оценивали по критерию Стьюдента.

Следует отметить, что аналогичные исследования по оценке мясных качеств животных данных генотипов проводились нами и при более раннем возрасте реализации – до 18 месяцев. Результаты этих опытов, отражающие особенности формирования мясной продуктивности на предыдущих этапах выращивания, подробно представлены в отдельной публикации.

Результаты

В течение всего периода выращивания животные содержались в условиях, обеспечивающих оптимальное кормление и надлежащий уход, что позволило в полной мере проявиться эффекту промышленного скрещивания и способствовало достижению высокого уровня мясной продуктивности. При достижении 21-месячного возраста у подопытного молодняка был проведён контрольный убой (таблица 1).

Таблица 1 – Мясная продуктивность молодняка ($X \pm S_x$)

Показатель	Группа I	Группа II	Группа III	Группа IV
Живая масса, кг				
новорожденных	24,5±0,35	28,3±0,67	20,4±0,24	23,6±0,32
в конце опыта (21 мес.)	532,0±11,69	591,7±8,86	405,8±5,83	452,3±8,76
Среднесуточный прирост живой массы за период опыта, г	805±17,9	895±10,6	611±4,2	679±5,9
Затраты корма, к. ед.	3504,6	3748,1	2865,4	3092,5
Предубойная масса, кг	472,0±44,65	557,7±12,66	380,0±5,13	416,0±16,0
Масса парной туши, кг	265,0±31,6	315,6±10,33	210,0±3,21	232,0±8,00
Масса внутреннего жира-сырца, кг	17,2±0,76	16,7±1,10	12,3±0,38	13,6±0,70
Убойная масса, кг	282,2±0,76	332,3±1,10	222,3±0,38	245,6±0,70
Убойный выход, %	59,6±1,10	59,6±0,70	58,5±0,20	59,0±0,17
Мякоти, %	79,7±1,53	79,0±0,82	78,3±0,09	78,1±1,66
Костей, %	16,2±1,28	16,9±0,85	16,7±0,73	16,8±1,12
Индекс мясности	4,92	4,67	4,69	4,65

Живая масса новорождённых животных варьировала от 20,4±0,24 кг в III группе до 28,3±0,67 кг во II группе. К концу опыта наибольшая живая масса была отмечена у животных II группы и составила 591,7±8,86 кг, тогда как у животных I группы она равнялась 532,0±11,69 кг, IV группы – 452,3±8,76 кг и III группы – 405,8±5,83 кг.

Среднесуточный прирост живой массы за период выращивания составил 805±17,9 г в I группе, 895±10,6 г во II группе, 611±4,2 г в III группе и 679±5,9 г в IV группе.

Предубойная масса животных колебалась от 380,0±5,13 до 557,7±12,66 кг. Масса парной туши составила 210,0±3,21–315,6±10,33 кг, масса внутреннего жира-сырца – 12,3±0,38–17,2±0,76 кг, убойная масса – 222,3±0,38–332,3±1,10 кг. Убойный выход находился в пределах 58,5–59,6%.

Содержание мякоти в тушах составило 78,1–79,7%, костей – 16,2–16,9%. Индекс мясности варьировал от 4,65 до 4,92. Статистически достоверные различия ($P < 0,05$; $P < 0,01$) были установлены по показателям живой массы, среднесуточного прироста и убойной массы. По морфологическому составу туш и индексу мясности достоверных различий между группами не выявлено ($P > 0,05$).

Результаты изучения сортового состава мякоти полутуш молодняка представлены в таблице 2.

Таблица 2 –Сортовой состав мякоти полутуш молодняка ($X \pm S_x$)

Показатель	Группа			
	I	II	III	IV
Мякоть всего, кг	107,9±1,34	124,5±1,94	81,8±0,83	90,5±1,33
в т.ч. высший сорт, кг	19,5±0,82	24,6±0,80	14,6±0,39	17,1±0,49
%	18,1±0,49	19,8±0,50	17,8±0,41	18,9±0,38
1 сорт, кг	48,7±1,83	61,2±1,99	36,1±1,02	42,7±1,12
%	45,1±1,31	49,2±1,30	44,2±1,21	47,2±0,99
2 сорт, кг	39,7±0,92	38,7±0,94	31,1±1,30	30,7±1,31
%	36,8±1,13	31,0±1,36	38,0±1,22	33,9±1,20

Наибольшая масса мякоти была получена у животных II группы и составила 124,5±1,94 кг, что достоверно выше ($P < 0,05$), чем у животных I группы – 107,9±1,34 кг. У животных III и IV групп данный показатель составил соответственно 81,8±0,83 и 90,5±1,33 кг.

Масса мяса высшего сорта у животных II группы достигала 24,6±0,80 кг, или 19,8±0,50% от общей массы мякоти. У животных I группы этот показатель составил 19,5±0,82 кг, или 18,1±0,49%. Различия между группами были статистически достоверными ($P < 0,05$).

Количество мяса первого сорта у животных II группы составило 61,2±1,99 кг (49,2±1,30%), тогда как у животных I группы – 48,7±1,83 кг (45,1±1,31%). Масса мяса второго сорта у животных II группы равнялась 38,7±0,94 кг (31,0±1,36%), что было ниже по сравнению с животными I группы, где данный показатель составил 39,7±0,92 кг (36,8±1,13%). Выявленные различия были достоверными при $P < 0,05$.

Таблица 3 отражает химический состав средней пробы мяса-фарша и энергетическую ценность мякоти туши у четырех исследованных групп крупного рогатого скота. Анализ сухого вещества показывает, что его содержание варьирует от 32,66% у группы II до 38,29% у группы III. Наиболее низкий показатель у помесных бычков группы II можно объяснить особенностями генотипа и меньшей жировой депозицией при откорме, что подтверждает эффективность промышленного скрещивания в формировании более постной, но при этом качественной мясной массы. У группы III, представляющей чистопородных животных казахской белоголовой породы, содержание сухого вещества оказалось максимальным, что связано с более высоким накоплением как белковой, так и жировой компонентов.

Таблица 3 – Химический состав средней пробы мяса-фарша и энергетическая ценность мякоти туши ($X \pm S_x$)

Группа	Сухое вещество	В том числе		Заклучено энергии в 1 кг, кДж		
		жир	протеин	протеина	жира	мякоти
I	34,85±1,56	16,11±3,27	17,99±0,4	3088	6273	9361
II	32,66±2,98	14,02±3,61	17,85±0,84	3064	5459	8523
III	38,29±0,37	20,18±0,51	17,34±0,17	2976	7857	10833
IV	34,76±2,14	15,94±2,74	18,05±0,82	3098	6206	9304

Содержание сухого вещества в мясе подопытных животных варьировало от 32,66±2,98% во II группе до 38,29±0,37% в III группе. У животных I и IV групп данный показатель составил соответственно 34,85±1,56 и 34,76±2,14%.

Содержание жира находилось в пределах от 14,02±3,61% у животных II группы до 20,18±0,51% у животных III группы. Количество протеина изменялось незначительно и составляло 17,34–18,05%. Максимальное содержание протеина отмечено у животных IV группы (18,05±0,82%), минимальное – у животных III группы (17,34±0,17%).

Энергетическая ценность 1 кг мякоти туши была наибольшей у животных III группы и составила 10833 кДж, тогда как минимальное значение отмечено у животных II группы – 8523 кДж. У животных I и IV групп энергетическая ценность мякоти составила соответственно 9361 и 9304 кДж.

Статистически достоверные различия ($P < 0,05$) установлены по содержанию сухого вещества и жира, тогда как различия по содержанию протеина были недостоверными ($P > 0,05$).

Анализ биоконверсии протеина кормов в белок тела показал, что эффективность использования протеина существенно различается между чистопородными и помесными группами (таблица 4).

Таблица 4 – Показатели биоконверсии протеина корма в белок

Группа	Показатель			
	общие затраты сырого протеина, кг	расход протеина на 1 кг прироста живой массы, г	выход белка на 1 кг живой массы, г	коэффициент биоконверсии протеина, %
I	447,83	882,42	82,69	9,05
II	482,13	855,75	85,60	9,98
III	366,41	950,73	79,53	8,16
IV	397,20	926,52	81,98	8,90

Общие затраты сырого протеина за период опыта были наибольшими у животных II группы и составили 482,13 кг, тогда как минимальное значение отмечено у животных III группы – 366,41 кг. У животных I и IV групп данный показатель составил соответственно 447,83 и 397,20 кг.

Расход протеина на 1 кг прироста живой массы варьировал от 855,75 г во II группе до 950,73 г в III группе. У животных I и IV групп расход протеина на единицу прироста составил соответственно 882,42 и 926,52 г.

Выход белка на 1 кг живой массы был максимальным у животных II группы – 85,60 г, минимальным – у животных III группы (79,53 г). В I и IV группах данный показатель составил 82,69 и 81,98 г соответственно.

Коэффициент биоконверсии протеина находился в пределах от 8,16 до 9,98%. Наибольшее значение установлено у животных II группы (9,98%), наименьшее — у животных III группы (8,16%). У животных I и IV групп коэффициент биоконверсии протеина составил соответственно 9,05 и 8,90%.

Представленные показатели биоконверсии энергии корма отражают эффективность использования энергии, поступающей с кормом, для прироста живой массы и формирования съедобных частей тела у чистопородного и помесного молодняка (таблица 5).

Таблица 5 – Показатели биоконверсии энергии корма в энергию съедобных частей тела чистопородного и помесного молодняка

Группа	Показатель			
	общие затраты сырой энергии, МДж	расход энергии на 1 кг прироста живой массы, МДж	выход энергии съедобных частей тела на 1 кг живой массы, МДж	коэффициент биоконверсии энергии, %
I	38142,9	75,39	5537,62	6,35
II	41056,8	72,99	4862,78	6,07
III	33845,4	88,51	4721,50	7,36
IV	36703,8	85,91	4407,14	7,02

Общие затраты сырой энергии за период опыта были максимальными у животных II группы и составили 41056,8 МДж. У животных I, III и IV групп данный показатель составил соответственно 38142,9; 33845,4 и 36703,8 МДж.

Расход энергии на 1 кг прироста живой массы варьировал от 72,99 МДж у животных II группы до 88,51 МДж у животных III группы. У животных I и IV групп на формирование 1 кг прироста затрачивалось соответственно 75,39 и 85,91 МДж энергии.

Выход энергии съедобных частей тела на 1 кг живой массы был наибольшим у животных I группы и составил 5537,62 МДж. У животных II, III и IV групп данный показатель находился на уровне 4862,78; 4721,50 и 4407,14 МДж соответственно.

Коэффициент биоконверсии энергии составил 6,35% в I группе, 6,07% во II группе, 7,36% в III группе и 7,02% в IV группе. Наибольшее значение показателя отмечено у животных III группы, наименьшее — у животных II группы.

Обсуждение

Полученные результаты подтверждают положительное влияние промышленного скрещивания на рост и мясную продуктивность молодняка. У помесных бычков II группы отмечено достоверное преимущество по живой массе (на 11,2%), что свидетельствует о проявлении гетерозиса и более полной реализации генетического потенциала роста, в том числе за счёт использования светлой аквитанской породы.

Помесные животные характеризовались более высокими среднесуточными приростами и лучшей конверсией корма: на 1 кг прироста затрачивалось меньше кормовых единиц и сырого протеина, что указывает на более эффективное использование питательных веществ.

Преимущество по предубойной массе, массе туши и убойной массе у помесного молодняка обеспечило увеличение выхода мясной продукции при сходном убойном выходе. При этом морфологический состав туш (соотношение мякоти, костей и индекс мясности) существенно не различался между группами, что свидетельствует о сохранении качественных характеристик туш.

Установлено улучшение сортового состава мяса у помесных бычков: увеличивалась доля мяса высшего и первого сортов при снижении доли второго сорта, что связано с более интенсивным развитием мышечной ткани и лучшей выраженностью мясных форм.

По химическому составу мяса у помесных животных отмечено снижение содержания жира и сухого вещества при стабильном уровне протеина, что указывает на формирование более постной продукции без снижения белковой ценности.

Анализ использования питательных веществ показал более высокую эффективность у помесного молодняка: ниже затраты протеина и энергии на единицу прироста, выше коэффициенты биоконверсии и выход белка на 1 кг живой массы. Это свидетельствует о более рациональном направлении обменных процессов на синтез мышечной ткани.

В целом промышленное скрещивание повышает интенсивность роста, мясную продуктивность и эффективность использования кормов, улучшая товарные и технологические качества говядины без ухудшения морфологических показателей туш.

Заключение

В результате проведённого исследования установлено, что промышленное скрещивание казахской белоголовой породы с мясной светлой аквитанской породой положительно влияет на продуктивность молодняка. Помесные бычки первого поколения показывают более высокую живую массу, среднесуточные приросты и предубойную массу по сравнению с чистопородными животными. У помесного молодняка отмечается больший выход мякоти полутуши и более высокий процент мяса высшего и первого сортов, что свидетельствует о положительном влиянии гибридного эффекта на мясные качества. Химический состав мяса помесного молодняка характеризуется высоким содержанием протеина и умеренным содержанием жира, что обеспечивает высокую энергетическую ценность мякоти. Анализ биоконверсии кормов показал, что помесные животные расходуют меньше энергии и сырого протеина на 1 кг прироста живой массы, чем чистопородные, что подтверждает более эффективное использование кормов. В целом, промышленное скрещивание мясного скота позволяет рационально использовать генетический потенциал пород, повышать мясную продуктивность, улучшать качество говядины и повышать экономическую эффективность производства.

Вклад авторов

НГ: сбор материала и проведение экспериментов, анализ данных. ВК: разработка методологии, литературный обзор, написание основной части статьи. ТА: сбор и обработка данных. СЖ: определение целей и задач исследования, редактирование статьи.

Все авторы прочитали, изучили и одобрили окончательную редакцию рукописи, с учетом доработок и представленных замечаний.

Список литературы

- 1 Бахтиярова, А.Ж. (2017). Основные проблемы и текущая ситуация в сельскохозяйственном секторе Республики Казахстан. *Доклады НАН РК*, 3, 164-168.
- 2 Маньшин, А. (2007). Мясная продуктивность чистопородных и помесных бычков. *Молочное и мясное скотоводство*, 4, 11-12.
- 3 Косилов, В.И., Губашев, Н.М., Насамбаев, Е.Г. (2007). Повышение мясных качеств казахского белоголового скота путём скрещивания. *Известия ОГАУ*, 1(13), 91-93.
- 4 Крылов, В.Н., Губашев, Н.М., Косилов, В.И. (2007). Особенности роста и развития молодняка казахской белоголовой породы и её помесей со светлой аквитанской. *Известия ОГАУ*, 1(17), 73-76.
- 5 MacNeil, M.D., Cundiff, L.V., Gregory, K.E., Koch, R.M. (1993). Using crossbreeding systems to produce beef. *Beef Research Program Progress Report*, 4(2), 1-12.
- 6 Prayaga, K.C. (2004). Evaluation of beef cattle genotypes and estimation of direct and maternal genetic effects in a tropical environment. 3. Fertility and calf survival traits. *Australian Journal of Agricultural Research*, 55(8), 811-824.
- 7 Vanvanhossou, S.F.U., Yin, T., Gorjanc, G., König, S. (2025). Evaluation of crossbreeding strategies for improved adaptation and productivity in African smallholder cattle farms. *Genetics Selection Evolution*, 57(6), 1-12.
- 8 Mekonnen, T., Tadesse, Y., Selam, M. (2020). Genetic improvement strategy of indigenous cattle breeds: Effect of cattle crossbreeding program in production performances. *Journal of Applied Life Sciences International*, 23(1), 23-40.

References

- 1 Bakhtiyarova, A.Zh. (2017). Osnovnyye problemy i tekushchaya situatsiya v sel'skokhozyaystvennom sektore Respubliki Kazakhstan. *Doklady NAN RK*, 3, 164-168. [in Russ].
- 2 Manshin, A. (2007). Myasnaya produktivnost' chistoporodnykh i pomesnykh bychkov. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo*, 4, 11-12. [in Russ].
- 3 Kosilov, V.I., Gubashev, N.M., Nasambaev, E.G. (2007). Povyshenie myasnykh kachestv kazakhskogo belogolovogo skota putem skreshchivaniya. *Izvestiya OGAU*, 1(13), 91-93. [in Russ].
- 4 Krylov, V.N., Gubashev, N.M., Kosilov, V.I., Salikhov, A.A. (2006). Effektivnost' skreshchivaniya kazakhskogo belogolovogo i svetlogo akvitanskogo skota. *Izvestiya OGAU*, 1(17), 73-76. [in Russ].
- 5 MacNeil, M.D., Cundiff, L.V., Gregory, K.E., Koch, R.M. (1993). Using crossbreeding systems to produce beef. *Beef Research Program Progress Report*, 4, 1-12.
- 6 Prayaga, K.C. (2004). Evaluation of beef cattle genotypes and estimation of direct and maternal genetic effects in a tropical environment. III. Fertility and calf survival traits. *Australian Journal of Agricultural Research*, 55(8), 811-824.
- 7 Vanvanhossou, S.F.U., Yin, T., Gorjanc, G., König, S. (2025). Evaluation of crossbreeding strategies for improved adaptation and productivity in African smallholder cattle farms. *Genetics Selection Evolution*, 57(6), 1-12.
- 8 Mekonnen, T., Tadesse, Y., Selam, M. (2020). Genetic improvement strategy of indigenous cattle breeds: Effect of cattle crossbreeding program on production performance. *Journal of Applied Life Sciences International*, 23(1), 23-40.

Өнеркәсіптік будандастыру жағдайында етті бағыттағы ірі қара малдың генетикалық әлеуетін ұтымды пайдалану

Губашев Н.М., Косилов В.И., Амангалиев Т.Г., Жумагазиева С.М.

Түйін

Алғышарттар мен мақсат. Етті ірі қара шаруашылығының тиімділігін арттыру етті бағыттағы тұқымдардың генетикалық әлеуетін неғұрлым толық пайдалануды және тұқымдық үйлесімдерді ұтымды таңдауды талап етеді. Саланы қарқынды дамытудың тиімді жолдарының бірі – гетерозис әсерін пайдалануға негізделген өнеркәсіптік будандастыру. Зерттеудің мақсаты қазақтың ақбас тұқымы мен оның ақшыл аквитан тұқымымен бірінші ұрпақтағы будандарының жастары бойынша ет өнімділігін, сиыр етінің сапасын және азық биоконверсиясының көрсеткіштерін салыстырмалы түрде бағалау болып табылады.

Материалдар мен әдістер. Зерттеулер ірі қараның жас малына жүргізіліп, олар аналогтар принципі бойынша төрт топқа бөлінді: қазақтың ақбас тұқымының піштірілген бұқашықтары мен қашарлары (бақылау тобы), сондай-ақ олардың будандары ($\frac{1}{2}$ ақшыл аквитан $\times$ $\frac{1}{2}$ қазақтың ақбас тұқымы). Мал 21 айлық жасқа дейін өсіріліп, бордақыланды. Тірілей салмақ, орташа тәуліктік салмақ өсімі, азық сыйымдылығы, сояр алдындағы салмақ, сойыс көрсеткіштері, ұшаның морфологиялық және сорттық құрамы, еттің химиялық құрамы, энергетикалық құндылығы, протеин мен энергияның биоконверсия коэффициенттері анықталды. Алынған деректер вариациялық статистика әдістерімен өңделіп, айырмашылықтардың сенімділігі Стьюдент критерийі бойынша бағаланды.

Нәтижелер. Будан бұқашықтардың тірілей салмағы, орташа тәуліктік салмақ өсімі және сойыс салмағы бойынша таза тұқымды құрдастарынан сенімді түрде жоғары екендігі анықталды. Будандастыру әсері жұмсақ ет шығымының, жоғары және бірінші сортты ет үлесінің артуынан, сондай-ақ азықты неғұрлым тиімді пайдаланудан көрінді. Будан малдардың еті протеиннің жоғары мөлшерімен және орташа майлылығымен сипатталып, оның оңтайлы энергетикалық құндылығын қамтамасыз етті. Протеин мен энергияның биоконверсия көрсеткіштері сиыр етін өндіру тиімділігін арттыруда өнеркәсіптік будандастырудың экономикалық және биологиялық тұрғыдан мақсатқа сай екендігін дәлелдейді.

Қорытынды. Қазақтың ақбас тұқымын ашық аквитан тұқымымен өндірістік будандастыру ет өнімділігін, сиыр етінің сапасын және өндірістің экономикалық тиімділігін арттыруда тиімді тәсіл болып табылады.

Кілт сөздер: етті ірі қара шаруашылығы; өнеркәсіптік будандастыру; будан бұқашықтар; ет өнімділігі; азық биоконверсиясы; ет сапасы.

Exploitation of the genetic potential of beef cattle in industrial crossbreeding

Nurken M. Gubashev, Vladimir I. Kosilov, Tlegen G. Amangaliyev, Saniya M. Zhumagazyieva

Abstract

Background and Aim. Improving the efficiency of beef cattle production requires an optimal utilization of the genetic potential of beef breeds and a rational selection of breed combinations. One of the effective strategies for intensifying beef production is industrial crossbreeding based on heterosis. The aim of this study was to conduct a comparative evaluation of meat productivity, beef quality, and feed bioconversion indicators in the F₁ crossbred offspring of Kazakh White-Headed cattle and their crosses with the Light Aquitaine breed.

Materials and Methods. The study was conducted on young beef cattle divided into four groups according to the analogue principle: purebred Kazakh White-Headed bulls and heifers (control group) and their crossbred offspring ($\frac{1}{2}$ Light Aquitaine $\times$ $\frac{1}{2}$ Kazakh White-Headed). Animals were raised and fattened until 21 months of age. Measurements included live weight, average daily weight gain, feed intake, pre-slaughter weight, slaughter indicators, carcass morphological and grading composition,

chemical composition of meat, energy value, and protein and energy bioconversion coefficients. The collected data were analyzed using variance statistical methods, and the significance of differences was assessed by Student's t-test.

Results. Crossbred bulls demonstrated significantly higher live weight, average daily gain, and slaughter weight compared to purebred counterparts. The heterosis effect was reflected in increased yield of tender meat, higher proportion of first- and high-grade meat, and more efficient feed utilization. Crossbred meat was characterized by higher protein content and moderate fat deposition, providing optimal energy value. Protein and energy bioconversion indicators confirmed that industrial crossbreeding is both biologically and economically effective for beef production.

Conclusion. Industrial crossbreeding of Kazakh White-Headed cattle with Light Aquitaine cattle may represent an effective approach for increasing meat productivity, improving beef quality, and enhancing the economic efficiency of production.

Keywords: beef cattle production; industrial crossbreeding; crossbred bulls; meat productivity; feed bioconversion; beef quality.

Как цитировать: Савин, Т.В., Жанзаков, Б.Ж., Лисенович, А.И., Шупанова, И.В., Курбанбаев, А.И. (2026). Отзывчивость остистого сорта мягкой пшеницы «Таймас» на минеральные удобрения. *Евразийский агротехнический журнал*, 2(130), 118-129. DOI: [https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2\(130\).2194](https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2(130).2194)

УДК 633.11.631.811.631.816

Исследовательская статья

Отзывчивость остистого сорта мягкой пшеницы «Таймас» на минеральные удобрения

Савин Т.В. , Жанзаков Б.Ж. , Лисенович А.И. , Шупанова И.В. , Курбанбаев А.И. 

Научно-производственный центр зернового хозяйства им. А.И. Бараева
Акмолинская область, Шортандинский район, п.Научный, Казахстан

Автор-корреспондент: Жанзаков Б.Ж.: baha_zhan93@mail.ru

Соавторы: (1: ТВ) savintimur_83@mail.ru; (2: АЛ) allehandro@list.ru

(3: ИШ) ira_irinka_irishka@bk.ru; (4: АК) almaskurbanbaev@mail.ru

Получено: 06.04.2026 **Принято:** 25.06.2026 **Опубликовано:** 30.06.2026

Авторские права: Савин Т.В. и др. Данная статья размещена в открытом доступе и распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Аннотация

Предпосылки и цель. Основными факторами, лимитирующими урожайность, являются недостаток влаги и питательных элементов в почве. Их регулирование с помощью внесения минеральных удобрений и внедрения высокопродуктивных, засухоустойчивых отечественных сортов является одним из основных способов получения стабильно высокого и качественного урожая в складывающихся условиях увлажнения, с учётом сохранения плодородия почв, экономии почвенной влаги и реализации интенсификации производства. Цель настоящего исследования – изучить отзывчивость нового остистого сорта яровой мягкой пшеницы «Таймас» на внесение минеральных удобрений для разработки сортовой агротехники применительно к степной зоне Северного Казахстана.

Материалы и методы. Исследования проводились в 2025 году в ТОО «Научно-производственный центр зернового хозяйства им. А.И. Бараева» на южных карбонатных легкоголистных чернозёмах. Опыты закладывались в четырёхкратной повторности с созданием 7 уровней обеспеченности основными элементами питания. Объект исследования – остистый сорт мягкой пшеницы «Таймас» среднеспелого типа созревания. Подвид – Eritrospermum. Предмет исследования – отзывчивость на удобрения и особенности минерального питания.

Результаты. Исследования показали, что в естественных условиях (контроль) средняя урожайность в 2025 году была на уровне – 23,8 ц/га, внесение удобрений в дозе Р90 способствовало созданию оптимального уровня минерального питания, обеспечило повышение урожайности до 33,7 ц/га и получению прибавки к контролю – 9,9 ц/га, что отражает высокую отзывчивость сорта на удобрения. При этом в зависимости от фонов питания формирование урожайности у сорта «Таймас» определялось влиянием разных структурных компонентов. Количество формируемых зёрен в колосе ($V - 13,4\%$) и их масса ($V - 19,3\%$), наряду с продуктивной кустистостью ($r=0,96$) являлись основными структурными компонентами, влиявшими на формирование урожайности.

Закключение. Полученные результаты позволили определить требования сорта к обеспеченности почв элементами питания и роль структурных элементов в формировании урожайности.

Ключевые слова: пшеница; сорт «Таймас»; минеральные удобрения; гидротермические условия; урожайность; структурные компоненты.

Введение

Ситуация в сельском хозяйстве страны остаётся тревожной и требует комплексного решения вопросов сохранения плодородия почв и увеличения производства сельскохозяйственной

продукции в 1,5–2,0 раза. В связи с чем, к проблеме повышения плодородия почв и урожайности было акцентировано внимание Президентом страны в своём послании народу Казахстана «Справедливый Казахстан: закон и порядок, экономический рост, общественный оптимизм» [1] и выступлении, посвящённом Дню работника сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности в 2024 году. Он призвал к анализу достижений аграрной науки и внедрению прорывных достижений, способных повысить эффективность и конкурентоспособность сельскохозяйственного производства. Реализация данных мер обеспечит интенсификацию и диверсификацию зернового производства, что заложено в Концепции развития АПК Республики Казахстан на 2021–2030 годы [2].

Проведённые исследования показывают, что главная причина низкой продуктивности культур – в истощении почв, голодании растений. Полученные в 2024 и 2025 годы рекордные урожаи зерна объёмом более 26,0 млн т не являются результатом повсеместного внедрения передовых технологий, а следствие обильно выпавших осадков, позволивших нивелировать лимитирующий фактор – нехватку влаги, однако проблема голодания растений сохранилась и последствия в дальнейшем будут усугубляться в засушливые годы, если не решить вопрос обеспеченности почв и растений элементами питания. Одним из наиболее эффективных способов предотвратить потерю плодородия и обогатить почву недостающими для растений элементами питания, тем самым повысить её потенциальную производительность может внесение минеральных удобрений.

Процесс диверсификации зернового производства запущен более 10 лет, но мягкая пшеница была и остаётся основной возделываемой культурой. Однако, даже в ее производстве остаются нерешённые вопросы, препятствующие получению высокого урожая с хорошим качеством. Так, помимо деградации почв, нехватки влаги, вопрос качественной и своевременной сортосмены остаётся открытым. Средний возраст сортов мягкой пшеницы, массово возделываемых в Северном Казахстане, составляет около 17 лет. Из 250 зарегистрированных в Государственном реестре селекционных достижений, рекомендуемых к использованию в Республике Казахстан сортов мягкой яровой пшеницы 60 сортов зарегистрированы до 2000 года, с 2000 до 2010 года включительно 64 сорта, с 2010 до 2020 года – 100 сортов и с 2021 по 2025 год – 23 сорта. При этом отечественных сортов составляет менее четверти общего числа зарегистрированных сортов [3], что вызывает вопросы по сохранению продовольственной безопасности и независимости отрасли.

Регулирование вышеперечисленных факторов, лимитирующих продуктивность культуры, с помощью минеральных удобрений и внедрения высокопродуктивных, засухоустойчивых отечественных сортов пшеницы, позволит получать стабильно высокий и качественный урожай в складывающихся условиях увлажнения, с учётом сохранения плодородия почв, экономии почвенной влаги и реализации интенсификации производства.

В связи с чем, поставлена цель – изучить отзывчивость нового острого сорта яровой мягкой пшеницы «Таймас» на внесение минеральных удобрений для разработки сортовой агротехники применительно к степной зоне Северного Казахстана.

Материалы и методы

Исследования проводились в 2025 году в ТОО «Научно-производственный центр зернового хозяйства им. А.И. Бараева» (НПЦЗХ им. А.И. Бараева) на южных карбонатных легкоглинистых чернозёмах с содержанием гумуса 3,18–3,25%. Обеспеченность почв азотом нитратов (12,6 мг/кг) и обменным калием (451 мг/кг) была высокой, подвижным фосфором (21,5 мг/кг) – средней, серой (1,9–2,2 мг/кг) – низкой. Почвы среднещелочные, pH 8,5.

Опыты закладывались с новым острым сортом мягкой пшеницы «Таймас» среднеспелого типа созревания. Подвид – *Eritrospermum*. Сорт включён в Государственный реестр селекционных достижений Республики Казахстан с 2022 года. Оригинатор – ТОО «НПЦЗХ им. А.И. Бараева».

Исследования проводились на семи азотно-фосфорных фонах питания (5 фосфорных и 2 азотных, включая контроль) по приведённой ниже схеме в четырёхкратной повторности:

- | | |
|---------------------------------|-----------|
| 1. О – контроль (без удобрений) | 5. P120 |
| 2. P30 | 6. P90N30 |
| 3. P60 | 7. P90N60 |
| 4. P90 | |

Всего было заложено 28 экспериментальных делянок. Размер делянок 25 м² (4×5 м). Азотно-фосфорные фоны создавались внесением аммофоса марки Б (10% N, 46% P₂O₅) и аммиачной селитры (34,6% N) сеялкой СКП-2,1 на глубину 10–12 см, с последующим прикатыванием. В связи с высокой обеспеченностью почв калием, варианты с калийными удобрениями не закладывались.

Агротехника общепринятая для региона. В середине апреля было проведено закрытие влаги дисковой бороной Amazone Satros агрегатированным на трактор К-747. Глубина обработки 5–6 см. Удобрения вносились под промежуточную культивацию в начале мая.

Посев проводился в оптимальные для зоны сроки – 16 мая, с нормой высева 3,0 млн всхожих семян/га или 115–120 кг/га сеялкой СКП – 2,1 на глубину 6–7 см.

Уход за посевами состоял из двух мероприятий по борьбе с вредными организмами (обработка пестицидами в фазе выхода в трубку (второе междоузлие) и молочной спелости):

1) Секатор Турбо (0,075 л/га) + Балерина (0,30 л/га) + Пропешанс Супер (0,20 л/га) + Готика (0,15 л/га);

2) Пропешанс Супер (0,20 л/га) + Готика (0,15 л/га).

Норма рабочего раствора 100 л/га.

Перед уборкой урожая отбирались пробные снопы для структурного анализа урожая. Учёт урожая проводился комбайном Wintersteiger.

Для изучения запасов продуктивной влаги и содержания элементов питания отбирались почвенные образцы на глубину 0–100 см через каждые 20 см почвы (ГОСТ РК 17.4.3.01-2017) [4]. Для изучения влияния удобрений на плодородие почв образцы отбирались по всем удобренным вариантам на глубину 0–20 и 20–40 см из 5 точек на делянке. В отобранных образцах определялись влажность почвы весовым методом (ГОСТ 28268-89) [5], гумус по Тюрину (ГОСТ 26213-91) [6], pH водной вытяжки ионометрически на иономере – И 160 МИ (ГОСТ 26483-85) [7], нитратный азот на нитрат-анализаторе 150.1 МИ (ГОСТ 26951-86) [8], подвижный фосфор и обменный калий из одной вытяжки по Мачигину (ГОСТ 26205-91) [9].

Результаты полевых и лабораторных исследований подвергались математической обработке и корреляционному анализу на предмет установления достоверности различий и количественной взаимосвязи продуктивности культуры с элементами структуры урожая. Математическая обработка проведена по методике *Б.А. Доспехова* [10].

Результаты

На результаты исследований существенное влияние оказали метеорологические условия, от которых зависел рост и развитие растений в период вегетации. В 2025 году количество осадков и характер их распределения были неравномерными. За год выпало 342 мм осадков, из них за вегетационный период 190 мм, что на 21,3 мм превышало среднегодовую норму. В мае выпало 40,0 мм, июне – 35,0 мм, в июле – 10,0 мм, а в августе – 105,0 мм осадков (рисунок 1). Температурный фон вегетационного периода превышал многолетнюю норму на +1,2 °С. В сочетании с обильными осадками августа (105 мм) это оказало влияние на развитие растений, распространение болезней и формирование урожайности. В целом, год был среднеувлажненным [11]. Отмечено удлинение вегетационного периода и негативное воздействие на фитосанитарное состояние посевов.

Запасы продуктивной влаги были на удовлетворительном уровне – более 120 мм в метровом профиле почвы, что позволило получить дружные всходы [12]. Июльскую засуху растения пережили за счет этих запасов и осадков мая и июня.

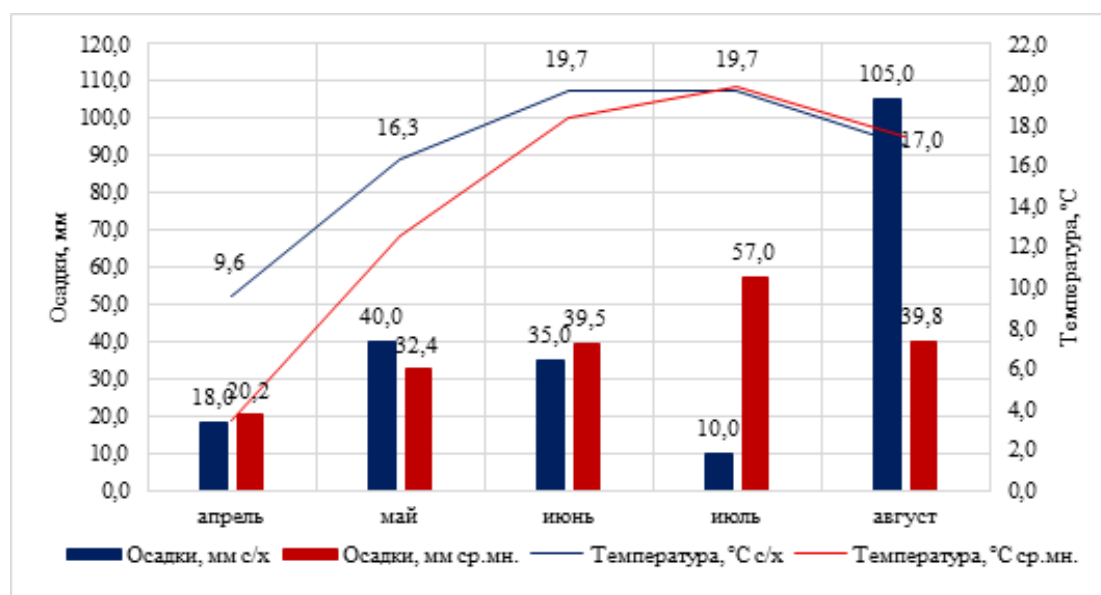


Рисунок 1 – Характеристика метеоусловий вегетационного периода 2025 года

Урожай на естественном фоне формировался в условиях высокой обеспеченности почв азотом, средней – фосфором, высокой калием и низкой – серой. Всего создано пять фосфорных и два азотно-фосфорных фона, что необходимо, для выявления отзывчивости нового острого сорта мягкой пшеницы «Таймас» на внесение удобрений и улучшение условий минерального питания, которое позволит формировать максимальную урожайность в складывающихся гидротермических условиях.

Внесение фосфорных удобрений повышало урожайность (таблица 1). В отличие от фосфорных удобрений внесение азота не обеспечило достоверного повышения урожайности. Это указывает на идентичность требований сорта «Таймас» к ранее установленному *В.Г. Черненко* [13, 14] оптимальному уровню обеспеченности почв азотом для яровой мягкой пшеницы 12–15 мг/кг N-NO₃ в слое 0–40 см почвы.

Таблица 1 – Влияние удобрений на содержание элементов питания в почве и продуктивность острого сорта «Таймас» яровой мягкой пшеницы, ц/га

Фоны	Содержание, мг/кг почвы		Урожайность, ц/га	Прибавка к «О» – контролю	
	N-NO ₃ , 0-40 см	P ₂ O ₅ , 0-20 см		ц/га	%
«О» – контроль	12,6	21,9	23,8	-	100
P ₃₀	13,0	24,7	28,7	+4,9	120,4
P ₆₀	13,1	29,1	31,6	+7,8	132,6
P ₉₀	14,2	34,2	33,7	+9,9	141,6
P ₁₂₀	14,0	37,5	30,9	+7,1	129,6
P ₉₀ N ₃₀	15,7	31,3	30,8	+7,0	129,4
P ₉₀ N ₆₀	20,1	33,6	31,0	+7,2	130,0
среднее			30,0	+7,3	126,2
HCP _{0,05}				1,52	

Из результатов видно, что на фоне повышения доз фосфорных удобрений и улучшения условий фосфорного питания увеличивалась урожайность, но до определенного уровня. Максимальная урожайность сорта «Таймас» была получена на фоне P₉₀, где содержание P₂O₅ составило 34–35 мг/кг почвы, а урожайность достигла 33,7 ц/га. Фон P₁₂₀ с более высоким содержанием

P_2O_5 в почве был менее продуктивным. Наиболее высокая отзывчивость на фосфорные удобрения – 41,6% и прибавка к контролю 9,9 ц/га получена по фону P_{90} .

На фоне высокой обеспеченности почв азотом, азотные удобрения не обеспечили достоверного прироста и урожайность на вариантах с внесением азота оказалась ниже, чем на фоне P_{90} без дополнительного азотного питания, и составила 30,8–31,0 ц/га.

В целом гидротермические условия были благоприятными, что нивелировало лимитирующий влияние дефицита влаги и способствовало полноценному проявлению потенциала сорта «Таймас» в формировании урожайности и отзывчивости на удобрения.

Для оценки влияния удобрений на формирование урожайности был проведён структурный анализ урожая, таблица 2.

Таблица 2 – Влияние удобрений на структурные компоненты урожайности сорта «Таймас» яровой мягкой пшеницы

Фон	Вес снопа, г/25 шт	Высота растений, см	Продуктивная кустистость, шт	Количество зерен в 1 колосе, шт	Масса зерна с 1 колоса, г	Количество зерен с 1 растения, шт	Масса зерна с 1 растения, г	Масса 1000 зерен, г	Соотношение зерна к соломе
О	159,3	86,2	1,32	32,5	1,2	57,7	2,3	36,9	0,35
P_{30}	217,8	88,6	1,59	33,0	1,0	72,6	3,0	36,7	0,34
P_{60}	276,5	90,6	1,69	34,0	1,3	77,1	3,0	36,4	0,27
P_{90}	240,7	90,4	1,56	40,0	1,6	76,4	3,0	36,6	0,31
P_{120}	221,2	86,4	1,57	37,0	1,5	71,1	2,7	35,5	0,30
$P_{90}N_{30}$	188,4	87,5	1,50	40,0	1,6	65,7	2,5	34,2	0,33
$P_{90}N_{60}$	198,1	90,8	1,49	38,0	1,5	72,1	2,8	36,2	0,35
$M \pm m$	214,5 $\pm$ 38,9	87,5 $\pm$ 8,4	1,5 $\pm$ 0,13	36,4 $\pm$ 4,9	1,4 $\pm$ 0,3	70,4 $\pm$ 8,1	2,7 $\pm$ 0,3	36,1 $\pm$ 0,9	0,30 $\pm$ 0,03
L, min-max	137,1-291,0	52-100	1,25-1,75	27-46	0,8-1,9	49,2-83,8	2,0-3,2	34,2-36,9	0,27-0,35
V, %	18,1	9,7	8,3	13,4	19,3	11,5	11,8	2,6	9,3

Одним из элементов структуры урожайности является высота растений (Таблица 2). В исследованиях высота растений варьировалась от 86,2 до 90,8 см. При этом, коэффициент вариации был в пределах 9,7%, что свидетельствует о невысокой изменчивости данного признака в зависимости от условий минерального питания. Более высокая вариация по удобренным фонам была по массе растений (весу снопов, г) – 18,1%. Разница по фонам достигала двухкратного уровня. Масса снопов варьировалась в диапазоне от 159,3 г на контроле до 276,5 г по фону P_{60} . Соотношение зерна к соломе оставалось низким – 0,30, что типично для увлажнённого года. Отмечено формирование большой вегетативной массы.

Не менее важным структурным компонентом урожайности является продуктивная кустистость, которая характеризует способность сорта формировать плодоносящие стебли и обеспечивать их полноценное развитие и продуктивность [15]. В данных исследованиях продуктивная кустистость была в диапазоне от 1,32 до 1,69 шт. Влияние улучшения условий минерального питания за счёт внесения удобрений на продуктивную кустистость было незначительным – 8,3%. При этом между продуктивной кустистостью и урожайностью установлена очень тесная положительная корреляционная связь ($r = 0,96$), рисунок 2.

Количество зёрен в колосе также является одним из важных структурных компонентов. Согласно многим исследованиям, количество зёрен в колосе варьирует от 15 до 50 шт. [16]. В проведённых исследованиях количество зёрен в колосе было – от 32 до 40 шт. на колос. По мере увеличения доз вносимых удобрений озарённость колоса росла, но до определенного уровня по фонам P_{90} и $P_{90}N_{30}$, на высоких дозах снижалась. Вариация количества зёрен в колосе по вариантам опытов была на уровне – 13,4%. Количество зёрен в колосе характеризовалось средней положительной корреляционной связью с урожайностью ($r = 0,69$), рисунок 3.

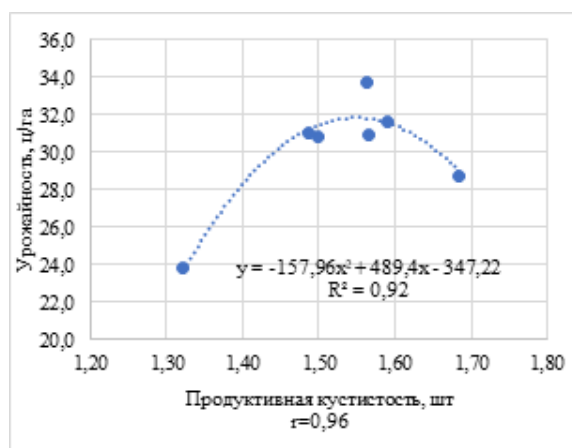


Рисунок 2 – Взаимосвязь урожайности с продуктивной кустистостью

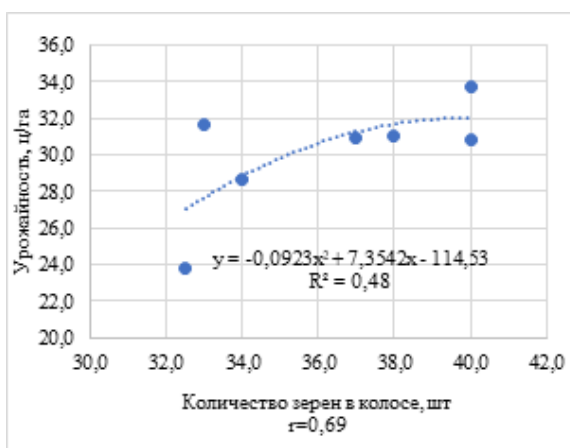


Рисунок 3 – Взаимосвязь урожайности с количеством зёрен с колоса

В исследованиях средняя масса зерна с одного колоса значительно изменялась по удобренным фонам [17]. Самая высокая масса зерна с одного колоса получена по фонам P_{90} и $P_{90}N_{30}$ – 1,6 г. Коэффициент вариации массы зерна с колоса был самым высоким – 19,3%, что указывает на существенное влияние удобрений на данный компонент структуры урожая. Связь массы семян с одного колоса с урожайностью была высокой ($r = 0,78$) при средней тесноте связи ($R^2 = 0,61$), рисунок 4.

Масса семян с растения – это сложный количественный признак, в значительной степени зависящий от условий произрастания, составных его частей (число семян с растения, число семян с колоса, массы 1000 семян) [18].

Коэффициент вариации массы зёрен с растения (2,3–3,0 г) по удобренным фонам и количеству семян с растения (57,7–77,1 шт) был в пределах 11,0 %. Максимальные значения получены по фону P_{60} . При этом сила связи массы зерна с растения и урожайностью была высокой ($r = 0,88$; $r^2 = 0,78$), рисунок 5.

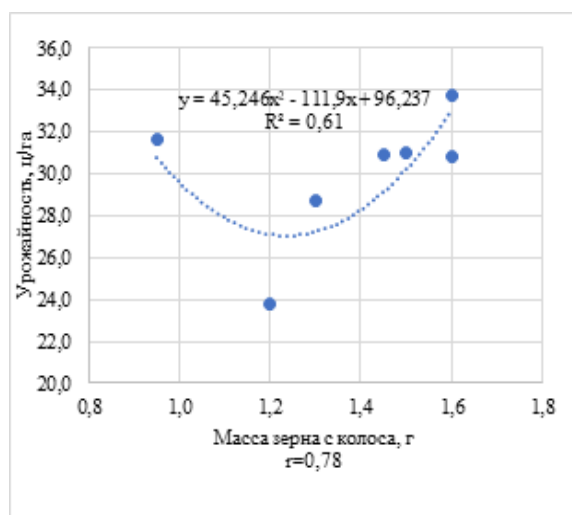


Рисунок 4 – Взаимосвязь урожайности с массой зерна с колоса

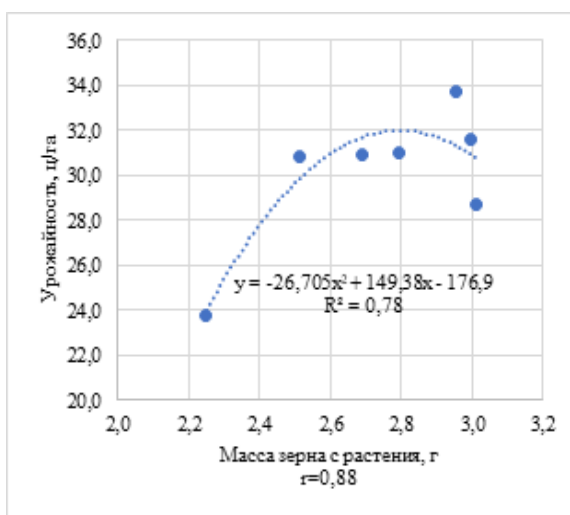


Рисунок 5 – Взаимосвязь урожайности с массой зерна с растения

Масса 1000 семян характеризует крупность и выполненность семян. Установлено, что величина массы 1000 семян больше зависит от генетических особенностей сорта, чем от условий выращивания [19].

В исследованиях масса 1000 семян была самым стабильным компонентом структуры урожайности в независимости от фона питания и условий года. Коэффициент вариации массы 1000 семян был не более 2,6%, рисунок 6.

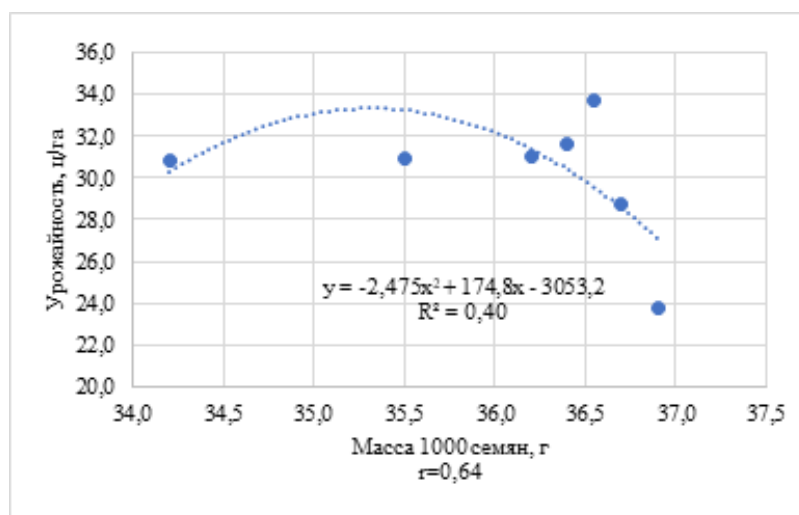


Рисунок 6 – Взаимосвязь урожайности с массой 1000 семян

Влияние массы 1000 семян на урожайность была средней ($r = 0,64$; $r^2 = 0,40$).

Данные результаты показывают различия доли влияния структурных компонентов сорта «Таймас» в формировании урожайности, их изменчивости под влиянием внесения удобрений и факторов минерального питания.

Данные исследования сортовой агротехники актуальны, но ответы получены лишь на незначительную часть вопросов, что требует дальнейшего изучения сорта в различных почвенно-климатических условиях и при разных технологиях возделывания.

Обсуждение

Исследования *Мамыкина Е.В.* и соавт. (2021) по изучению отзывчивости пшеницы на минеральные удобрения показали, что максимальная средняя урожайность была получена в варианте внесения аммофоса в дозе P_{40} по пласту донника – 24,6 ц/га (рентабельность – 117 %), что на 3,3 ц/га достоверно выше данного варианта по пласту житняка. При этом на фоне высокой обеспеченности азотом, дополнительное внесение азотных удобрений, как по доннику, так и по житняку было не эффективно [20].

Схожие результаты получены *Берешовым С.Б.* и *Хайртдиновой Н.В.* (2022). Отмечено, что прибавка урожайности зерна яровой пшеницы обеспечивалась на вариантах с дозой внесения удобрений 40 и 60 кг/га д.в. P_2O_5 ($НСР_{05} = 0,14-0,51$). Проведенные корреляционный и регрессионный анализы позволили выявить зависимости между урожайностью зерна яровой пшеницы сорта Ульяновская 100 и условиями ее формирования. Установлена прямая связь между урожайностью и фоном питания культуры ($r=0,64$), которая описывается уравнением регрессии $y=0,0128x+2,7805$ [21].

В данных исследованиях получены схожие результаты, урожайность яровой пшеницы сорта «Таймас» на фонах с высокими дозами азотных удобрений оставалась на уровне контрольного фона (P_{90}) для азотных удобрений – 30,8 и 31,0 ц/га. Это связано с высоким уровнем обеспеченности почв азотом, в связи с чем азотные удобрения были не эффективны. В то же время, с увеличением внесённых доз фосфорных удобрений, шло увеличение урожайности, но до определенного уровня. Самая высокая урожайность сформировалась на фоне P_{90} – 33,7 ц/га, разница с контролем составила 9,9 ц/га. Между содержанием фосфора в почве и урожайностью установлена сильная корреляционная связь ($r=0,91$) логарифмического типа.

Исследования *Берестова И.И.* и соавт. (2019) показали, слабую изменчивость элементов структуры урожайности и высоты растений в зависимости от сортовых особенностей пшеницы. Коэффициент вариации отмеченных показателей изменялся от 5,6% (высота растений) до 9,3% (масса зерна с одного колоса). Следует отметить, что сорта Рассвет, Любава, образец 27/10 формировали посевы с высокой густотой продуктивного стеблестоя, образцы 16/10, 24/10, 26/10 и сорт Сударыня – с большой массой зерна с колоса, сорта Сударыня и Восточка – с большим числом зерен в колосе. Наибольшая крупнозёрность отмечена у образца 16/10.

В исследованиях *Берестова И.И.* и соавт. (2019) изученные сорта характеризовались доминированием различных структурными элементами урожая. В наших исследованиях сорт «Таймас» на фоне внесения удобрений имел высокую вариацию массы зерна в колосе 19,3 % и количество зерен в колосе 13,4%, коэффициент вариации высоты растений составил 9,7%.

Выводы *Берестова И.И.* и соавт. (2019) о различии морфобиологических признаков яровой мягкой пшеницы, не связанных с сортовыми особенностями растений, которые чаще всего более сильно коррелируют с отзывчивостью на применение азотного удобрения, чем генотипические различия и при этом связь между признаками в основном имеет криволинейный характер, подкрепляют полученные нами результаты, а именно стагнацию прироста урожайности от азотных удобрений, на фоне высокой обеспеченности почв азотом [22].

Исследования *Барковской Т.А.* и соавт. (2022) проводились с целью выявления отзывчивости пяти сортов яровой мягкой пшеницы на применение минеральных удобрений и особенности формирования элементов структуры урожайности. Схема опыта: N0P0K0 (контроль); N64P64K64; N₆₄P₆₄K₆₄ + N₃₀; N₆₄P₆₄K₆₄ + N₃₀ + N₁₅. На удобренных фонах урожайность в сравнении с контролем увеличилась на 48, 42 и 39 % соответственно. Выявлено, что под воздействием дополнительного азота (N30) у сортов увеличивался стеблестой на 7,3-11,2 %, число колосков в колосе – на 1,3-4,7 %, число зерен в колосе – на 0,3-12,3 %, масса зерна с одного колоса на 0,9-21,4 %. Выявлена сортовая специфика изменений элементов урожайности яровой пшеницы под влиянием агрохимических приемов [23].

В наших исследованиях на фоне увеличения вносимых доз фосфорных удобрений шло увеличение продуктивной кустистости до 28%, количество зерен в колосе до 25%, масса зерна с растений до 33%.

Заключение

По результатам исследования можно сделать заключение, что остистый сорт «Таймас» в благоприятных гидротермических условиях 2025 года характеризовался высокой отзывчивостью на внесение удобрений и улучшение условий минерального питания, особенно фосфорного. Наибольшая урожайность (33,7 ц/га) формировалась на фоне P₉₀ с содержанием подвижного фосфора в слое почвы 0–20 см на уровне 34–36 мг/кг.

Эффективность применения удобрений в дозе P90 составила 12 150 тг/га чистого дохода или 116% рентабельности в год внесения с учётом общехозяйственных затрат на 1 га без учёта их после действия (4 года) и субсидирования на приобретение удобрений (60%).

Повышение содержания нитратного азота выше оптимального уровня (15 мг/кг) согласно градации *В.Г. Черненко* не дало положительного эффекта на урожайность.

В год исследования улучшение условий минерального питания за счёт внесения минеральных удобрений увеличивало число зёрен в колосе и их массу, которые в сочетании с продуктивной кустистостью ($r = 0,96$) являлись основными компонентами структуры, изменение которых влияло на формирование урожайности сорта «Таймас» в сложившихся гидротермических условиях.

Результаты исследования приведены по одному году поэтому отзывчивость сорта «Таймас» на удобрения требуют дальнейшего изучения в более засушливых условиях произрастания.

Вклад авторов

ТС: общее руководство, выбор концепции. БЖ: формулировка целей и задач исследования, анализ полученных данных, написание текста статьи. АЛ, ИШ, ЕК, ТШ: сбор экспериментальных данных, подготовка обзора литературы, вычитка, редактирование, внесение поправок. Все авторы прочитали, ознакомились и одобрили окончательную редакцию рукописи для передачи к публикации.

Информация о финансировании

Работа проведена в рамках программно-целевого финансирования МСХ РК по научно-технической программе BR24892821 «Селекция и первичное семеноводство зерновых культур для повышения потенциала продуктивности, качества и стрессоустойчивости в различных почвенно-климатических зонах Казахстана» на 2024–2026 годы.

Список литературы

- 1 Президент Республики Казахстан. (2024). *Справедливый Казахстан: закон и порядок, экономический рост, общественный оптимизм*. <https://www.gov.kz/memleket/entities/mfa-tashkent/press/events/details/31515>
- 2 Правительство Республики Казахстан. (2021). *Концепция развития АПК Республики Казахстан на 2021–2030 годы* (Указ Правительства № 960 от 30.12.2021). <https://zakon.uchet.kz/rus/docs/P2300000268>
- 3 Государственный реестр селекционных достижений, рекомендуемых к использованию в Республике Казахстан. (2026). <https://sortcom.kz>
- 4 Межгосударственный стандарт ГОСТ 17.4.3.01-2017 - Охрана природы. Почвы общие требования к отбору проб. (2018). Москва: Стандартинформ.
- 5 Межгосударственный стандарт ГОСТ 28268-89 - Почвы методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений. (2005). Москва: Стандартинформ.
- 6 Межгосударственный стандарт ГОСТ 26213-91 - Почвы. Методы определения органического вещества. (1991). Москва: Комитет стандартизации и метрологии СССР.
- 7 Межгосударственный стандарт ГОСТ 26483-85 - Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО. (1986). Москва: Комитет стандартизации и метрологии СССР.
- 8 Государственный стандарт союза ССР ГОСТ 26951-86 - Определение нитратов ионометрическим методом. (1987). Москва: Государственный комитет стандартизации и метрологии СССР.
- 9 Государственный стандарт союза ССР ГОСТ 26205-91 – Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу мачигина в модификации ЦИНАО. (1993). Москва: Государственный комитет стандартизации и метрологии СССР.
- 10 4 Доспехов, Б.А. (1985). *Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) (5-е изд., доп. и перераб.)*. М.: Агропромиздат, 351.
- 11 Байшоланова, С.С. (2017). *Агроклиматические ресурсы Акмолинской области: научно-прикладной справочник*. Астана, 125.
- 12 Бекетова, О.А. (2017). *Земледелие: методические указания к лабораторным занятиям и самостоятельной работе*. Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 94.
- 13 Черненко, В.Г. (1997). *Азотный режим почв Северного Казахстана: монография (учебное пособие)*. Акмола: Акмолинский аграрный университет им. С. Сейфуллина, 91.
- 14 Черненко, В.Г. (2009). *Научные основы и практические приемы управления плодородием почв и продуктивностью культур в Северном Казахстане*. Астана: Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, 66.
- 15 Аринов, К.К., Мусынов, К.М., Шестакова, Н.А., Серекпаев, Н.А., Апушев, А.К. (2016). *Растениеводство*. Астана: Фолиант, 584. DOI: 10.1234/978-601-302-376-2.
- 16 Ding, Y., Zhang, Y., Zhang, T., Zhao, D., Yang, Y., Wang, K., Zheng, Z., Wang, C., Li, Y., Mao, R., Ye, Y., Li, M., Li, Y., Qin, Y., Liu, X., Guo, L., Cui, Y., Zhang, X., Zhang, H. (2026). Research progress on spike development of wheat. *Plant Science*, 362, 112847. DOI: 10.1016/j.plantsci.2025.112847.
- 17 Саке, Ф.С., Диаките, С., Пакина, Е.Н., Норман, П., Заргар, М., Окбагабир, Ш.Г., Калабашкина, Е.В., Цымбалова, В.А. (2025). Фузариоза колоса, рост, урожайность и качественные признаки яровой пшеницы в зависимости от сорта и технологии возделывания. *Journal of Agriculture and Environment*, 1(53), 1–16. DOI: 10.60797/JAE.2025.53.3.
- 18 Serrago, R.A., Carrera, C.S., Savin, R., Slafer, G.A. (2025). Is the relationship between grain number and spike dry weight linear? Insights from larger spikes in wheat. *The Crop Journal*, 13(2), 636–640. DOI: 10.1016/j.cj.2024.12.007.
- 19 Slafer, G.A., Andrade, F.H. (1991). Genetic potential for grain weight in wheat. *Plant Breeding*, 106(1), 1–8. DOI: 10.1111/j.1439-0523.1991.tb00425.x.

20 Мамыкин, Е.В., Филонов, В.М., Наздрачев, Я.П., Назарова, П.Е. (2021). Эффективность применения минеральных удобрений под яровую мягкую пшеницу при традиционном земледелии. *Почвоведение и агрохимия*, 3, 55–64. DOI: 10.51886/1999-740X_2021_3_55.

21 Бешеров, С.Б., Хайрtdинова, Н.В. (2022). Влияние минеральных удобрений на урожайность яровой пшеницы в условиях среднего Поволжья. Ульяновское ГАУ, 21–24.

22 Берестов, И.И., Мельников, Р.В., Лапутыко, Е.В., Шемпель, Т.П. (2019). Корреляция отзывчивости сортов и образцов яровой мягкой пшеницы на применение азотного удобрения с морфобиологическими показателями растений. *Земледелие и селекция в Беларуси*, 55, 132–139.

23 Барковская, Т.А., Гладышева, О.В., Кокорева, В.Г. (2022). Влияние минеральных удобрений на урожайность сортов яровой мягкой пшеницы в условиях Центрального Нечерноземья. *Аграрная наука Евро-СевероВостока*, 23(2), 239–247. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.2.239-247.

References

1 Prezident Respubliki Kazakhstan. (2024). *Spravedlivyi Kazakhstan: zakon i poryadok, ekonomicheskii rost, obshchestvennyi optimizm*. <https://www.gov.kz/memleket/entities/mfa-tashkent/press/events/details/31515>

2 Pravitel'stvo Respubliki Kazakhstan. (2021). *Koncepciya razvitiya APK Respubliki Kazakhstan na 2021–2030 gody* (Ukaz Pravitel'stva № 960 ot 30.12.2021). <https://zakon.uchet.kz/rus/docs/P2300000268>

3 Gosudarstvennyi reestr selekcionnykh dostizhenii, rekomenduemykh k ispol'zovaniyu v Respublike Kazakhstan. (2026). <https://sortcom.kz>

4 Mezhhgosudarstvennyi standart GOST 17.4.3.01-2017 - Ohrana prirody. Pochvy obshhie trebovaniya k otboru prob. (2018). Moskva: Standartinform.

5 Mezhhgosudarstvennyi standart GOST 28268-89 - Pochvy metody opredeleniya vlazhnosti, maksimal'noi gigroskopicheskoi vlazhnosti i vlazhnosti ustoichivogo zavyadaniya rastenii. (2005). Moskva: Standartinform.

6 Mezhhgosudarstvennyi standart GOST 26213-91 - Pochvy. Metody opredeleniya organicheskogo veshchestva. (1991). Moskva: Komitet standartizatsii i metrologii SSSR.

7 Mezhhgosudarstvennyi standart GOST 26483-85 - Pochvy. Prigotovlenie solevoi vytyazhki i opredelenie ee pH po metodu CINAО. (1986). Moskva: Komitet standartizatsii i metrologii SSSR.

8 Gosudarstvennyi standart soyuza SSR GOST 26951-86 - Opredelenie nitratov ionometricheskim metodom. (1987). Moskva: Gosudarstvennyi komitet standartizatsii i metrologii SSSR.

9 Gosudarstvennyi standart soyuza SSR GOST 26205-91 – Pochvy. Opredelenie podvizhnykh soedinenii fosfora i kaliya po metodu machigina v modifikatsii CINAО. (1993). Moskva: Gosudarstvennyi komitet standartizatsii i metrologii SSSR.

10 4 Dospekhov, B.A. (1985). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) (5-e izd., dop. i pererab.)*. M.: Agropromizdat, 351.

11 Bajsholanova, S.S. (2017). *Agroklimaticheskie resursy Akmolinskoi oblasti: nauchno-prikladnoi spravochnik*. Astana, 125.

12 Beketova, O.A. (2017). *Zemledelie: metodicheskie ukazaniya k laboratornym zanyatiyam i samostoyatel'noi rabote*. Krasnoyarsk: Krasnoyarskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 94.

13 Chernenok, V.G. (1997). *Azotnyi rezhim pochv Severnogo Kazahstana: monografiya (uchebnoe posobie)*. Akmola: Akmolinskii agrarnyi universitet im. S. Seifullina, 91.

14 Chernenok, V. G. (2009). *Nauchnye osnovy i prakticheskie priemy upravleniya plodorodiem pochv i produktivnost'yu kul'tur v Severnom Kazahstane*. Astana: Kazahskii agrotekhnicheskii universitet im. S. Seifullina, 66.

15 Arinov, K.K., Musynov, K.M., SHeStakova, N.A., SerekpaeV, N.A., Apushev, A.K. (2016). *Rastenievodstvo*. Astana: Foliant, 584. DOI: 10.1234/978-601-302-376-2.

16 Ding, Y., Zhang, Y., Zhang, T., Zhao, D., Yang, Y., Wang, K., Zheng, Z., Wang, C., Li, Y., Mao, R., Ye, Y., Li, M., Li, Y., Qin, Y., Liu, X., Guo, L., Cui, Y., Zhang, X., Zhang, H. (2026). Research progress on spike development of wheat. *Plant Science*, 362, 112847. DOI: 10.1016/j.plantsci.2025.112847.

17 Sake, F.S., Diakite, S., Pakina, E.N., Norman, P., Zargar, M., Okbagabir, S.H.G., Kalabashkina, E. V., Cymbalova, V.A. (2025). Fuzarioza kolosa, rost, urozhainost' i kachestvennye priznaki yarovoi pshenicy v zavisimosti ot sorta i tekhnologii vozdeleyvaniya. *Journal of Agriculture and Environment*, 1(53), 1–16. DOI: 10.60797/JAE.2025.53.3.

18 Serrago, R.A., Carrera, C.S., Savin, R., Slafer, G.A. (2025). Is the relationship between grain number and spike dry weight linear. Insights from larger spikes in wheat. *The Crop Journal*, 13(2), 636–640. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2024.12.007>.

19 Slafer, G.A., Andrade, F.H. (1991). Genetic potential for grain weight in wheat. *Plant Breeding*, 106(1), 1–8. DOI:10.1111/j.1439-0523.1991.tb00425.x.

20 Mamykin, E.V., Filonov, V.M., Nazdrachev, Ya.P., Nazarova, P.E. (2021). Effektivnost' primeneniya mineral'nyh udobrenii pod yarovuyu myagkuyu pshenicu pri tradicionnom zemledelii. *Pochvovedenie i agrokimiya*, 3, 55–64. DOI: 10.51886/1999-740X_2021_3_55.

21 Beshenov, S.B., Hajrtidnova, N.V. (2022). Vliyanie mineral'nyh udobrenii na urozhainost' yarovoi pshenicy v usloviyah srednego povolzh'ya. Ul'yanovskoe GAU, 21–24.

22 Berestov, I.I., Mel'nikov, R.V., Laput'ko, E.V., Shempel', T.P. (2019). Korrelyatsiya otzyvchivosti sortov i obrazcov yarovoi myagkoi pshenicy na primeneniye azotnogo udobreniya s morfofiziologicheskimi pokazatelyami rastenii. *Zemledelie i selektsiya v Belarusi*, 55, 132–139.

23 Barkovskaya, T.A., Gladysheva, O.V., Kokoreva, V.G. (2022). Vliyanie mineral'nyh udobrenii na urozhainost' sortov yarovoi myagkoi pshenicy v usloviyah Central'nogo Nechernozem'ya. *Agrarnaya nauka Evro-SeveroVostoka*, 23(2), 239–47. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.2.239-247.

Жұмсақ бидайдың қылтанақты «Таймас» сұрыпының минералды тыңайтқыштарға жауап беру ерекшелігі

Савин Т.В., Жанзаков Б.Ж., Лисенович А.И., Шупанова И.В., Курбанбаев А.И.

Түйін

Алғышарттар мен мақсат. Өнімділікті шектейтін негізгі факторлар – топырақтағы ылғал мен қоректік элементтердің жетіспеушілігі. Минералдық тыңайтқыштарды енгізу және жоғары өнімді, қуаңшылыққа төзімді отандық сорттарды өндіріске енгізу арқылы оларды реттеу – қалыптасқан ылғалдану жағдайында топырақ құнарлылығын сақтау, топырақ ылғалын үнемдеу және өндірісті қарқындатуды жүзеге асыру ескеріле отырып, тұрақты жоғары әрі сапалы өнім алудың бірден-бір жолы болып табылады. Осы зерттеудің мақсаты – Солтүстік Қазақстанның дала аймағы жағдайына бейімделген сорттық агротехниканы әзірлеу үшін жаздық жұмсақ бидайдың жаңа қылтықты «Таймас» сортының минералдық тыңайтқыштарды енгізуге реакциясын зерттеу.

Материалдар мен әдістер. Зерттеулер 2025 жылы «А.И. Бараев атындағы астық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС оңтүстік карбонатты жеңіл балшықты қара топырақтарда жүргізілді. Тәжірибелер негізгі қоректік элементтермен қамтамасыз етілуінің 7 деңгейін қалыптастыра отырып, 3 мәрте қайталанымда орналастырылды. Зерттеу нысаны – орташа мерзімде пісетін жұмсақ бидайдың қылтықты «Таймас» сорты. Түр тармағы – *Eritrospermum*. Зерттеу пәні – тыңайтқыштарға реакциясы және минералдық қоректену ерекшеліктері.

Нәтижелер. Зерттеулер, табиғи жағдайларда 2025 жылы орташа өнімділік 23,8 ц/га қалыптасқанын көрсетті. P_{90} мөлшерде тыңайтқыштарды қолдану минералды қоректенудің оңтайлы деңгейін қалыптастыруға, өнімділіктің дейін 33,7 ц/га жеткізуге және 9,9 ц/га қосымша өнім қалыптастыруға ықпал етті, бұл сұрыптың тыңайтқышқа жоғары бейімділігін көрсетеді. Сонымен қатар, қоректік элементтердің деңгейлеріне байланысты «Таймас» сұрыпының өнімділікті қалыптастыруында әртүрлі құрылымдық компоненттердің басым әсері анықталды. Бір масақтағы дән саны ($V - 13,4\%$) және олардың салмағы ($V - 19,3\%$) өнімді түптенумен бірге ($r = 0,96$) өнімділіктің қалыптасуына әсер ететін негізгі құрылымдық компоненттер болды.

Қорытынды. Алынған нәтижелер сорттың топырақтағы қоректік элементтермен қамтамасыз етілуіне қоятын талаптарын және өнімділікті қалыптастырудағы құрылымдық элементтердің рөлін анықтауға мүмкіндік берді.

Кілт сөздер: бидай; Таймас сұрыпы; минералды тыңайтқыштар; гидротермиялық жағдайлар; өнімділік; құрылымдық компоненттер.

Responsiveness of the awned soft wheat variety “Taymas” to mineral fertilizers

Timur V. Savin, Bakhtiyar Zhanzakov, Aleksandr Lisenovich, Irina Shupanova, Almas Kurbanbaev

Abstract

Background and Aim. The main factors limiting crop yield are soil moisture deficit and insufficient nutrient availability. Their regulation through the application of mineral fertilizers and the introduction of highly productive, drought-resistant domestic varieties is the only way to obtain consistently high and high-quality yields under limited moisture conditions, while preserving soil fertility, conserving soil moisture, and intensifying crop production. The purpose of this study was to investigate the responsiveness of the new awned spring bread wheat variety “Taimas” to the application of mineral fertilizers in order to develop variety-specific cultivation technology adapted to the steppe zone of Northern Kazakhstan.

Materials and Methods. The studies were conducted in 2025 at the “A.I. Baraev Research and Production Center for Grain Farming” LLP on southern carbonate light clayey chernozem soils. The field experiments were arranged in three replications with the creation of seven levels of supply with the main nutrients. The object of the study was the awned medium-maturing soft wheat variety “Taimas.” Subspecies – *Eritrospermum*. The subject of the study was fertilizer responsiveness and the characteristics of mineral nutrition.

Results. The research results showed that under natural (O) conditions, the average yield in 2025 was 23.8 c/ha. The application of fertilizers at a rate of P_{90} contributed to the formation of an optimal level of mineral nutrition, increasing yield up to 33.7 c/ha and resulting in a yield increase of 9.9 c/ha compared to the control, which indicates a high responsiveness of the variety to fertilizers.

Depending on the nutrient background, yield formation in the “Taymas” variety was determined by the predominance of different structural components. The number of grains per spike ($V = 13.4\%$) and their weight ($V = 19.3\%$), in combination with productive tillering ($r = 0.96$), were the main structural components influencing yield formation.

Conclusion. The obtained results made it possible to identify the variety’s requirements for soil nutrient availability and the role of structural elements in yield formation.

Keywords: wheat; “Taymas” variety; mineral fertilizers; hydrothermal conditions; yield; structural components.

Как цитировать: Соловьёв, О.Ю., Заика, В.В., Савинкина, Л.И. (2026). Влияние различных технологий обработки почвы на баланс органического вещества и биоэнергетическую эффективность возделывания культур в плодосменном севообороте. Евразийский агротехнический журнал, 2(130), 130-140. DOI: [https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2\(130\).2214](https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2(130).2214)

УДК 631.452, 631.51

Исследовательская статья

Влияние различных технологий обработки почвы на баланс органического вещества и биоэнергетическую эффективность возделывания культур в плодосменном севообороте

Соловьёв О.Ю. , Заика В.В. , Савинкина Л.И. 

Северо-Казахстанская сельскохозяйственная опытная станция,
Северо-Казахстанская область, Аккайынский район, с. Шагалады, Казахстан

Автор-корреспондент: Соловьёв О.Ю.: solovyev_1990@mail.ru

Соавторы: (1: ВЗ) vital_1990@mail.ru; (2: ЛС) lsavinkina431@gmail.com

Получено: 23.04.2026 **Принято:** 29.06.2026 **Опубликовано:** 30.06.2026

Авторские права: Соловьёв О.Ю. и др. Данная статья размещена в открытом доступе и распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Аннотация

Предпосылки и цель. Актуальность исследований заключается в необходимости стабилизации и повышении содержания органического вещества в почвах Северо-Казахстанской области. В настоящий момент плодородие почв в регионе оценивается на уровне низкого и среднего содержания (2,1–6,0%) на более 95% площади пашни. При этом, согласно долгосрочной оценке динамики изменения запасов гумуса почвы за 30 лет по Северо-Казахстанской области отмечено снижение на 20–35% от исходного содержания в пределах 5,6–6% и ежегодной потерей до 0,4–0,6% при использовании экстенсивных технологий земледелия.

Материалы и методы. Научные исследования проводились на базе 5-ти полного плодосменного севооборота (пар-рапс-пшеница-горох-пшеница) с различными технологиями земледелия – традиционной (механической обработкой), минимальной и нулевой. Методика исследований предполагала полевую закладку опытов в стационаре, а также лабораторную оценку продуктивности с/х культур и анализ данных.

Результаты. По результатам исследования установлено, что наиболее продуктивными в севообороте выступают ресурсосберегающие системы – минимальная и нулевая обработки, обеспечивающие при этом повышение биоэнергетической эффективности агроэкосистем. При этом, данные системы обеспечивают минимальную экологическую нагрузку с положительным балансом органического вещества почвы и показателями его группового состава.

Закключение. Многолетнее применение ресурсосберегающих систем земледелия на обыкновенных черноземах не только способствует общему повышению гумуса и связанных с ним показателей (углерод, гуминовые кислоты, фульвокислоты), но и имеет высокую эффективность производства, даже с учетом расходной части гумуса, требуемой для формирования урожая. Практическая ценность проведенных исследований заключается в получении достоверных данных по оценке влияния применяемых систем земледелия в производственных масштабах на общую продуктивность и эффективность нагрузки на показатели почвенного плодородия.

Ключевые слова: плодородие; плодосменный севооборот; минимальная технология (Mini-till); нулевая технология (No-till); биоэнергетическая эффективность.

Введение

Одной из основных задач сельскохозяйственного производства Северного Казахстана является стабилизация и повышение содержания органического вещества почвы, при этом в настоящее время проблеме не придается большого значения. Так, плодородие почв Северо-Казахстанской области, по последним результатам агрохимического обследования

государственным мониторинговым центром, характеризуется невысоким содержанием гумуса – 4–5%, соответственно средним уровнем содержания легкогидролизуемого азота, низкой и очень низкой обеспеченностью фосфором и повышенным содержанием калия. По содержанию органического вещества (гумуса) – более 95% площади пашни по области на уровне низкого и среднего содержания (2,1–6,0%). Также отмечается ежегодное снижение запасов органического вещества на 0,5–0,8%, что за период 10 лет доходит до 5% и более [1, 2]. При этом, согласно долгосрочной оценке динамики изменения запасов гумуса почвы с 1989 по 2018 год (за 30 лет) по Северо-Казахстанской области, отмечено снижение на 20–35% от исходного содержания в пределах 5,6–6% [3].

С учетом этого, современные агротехнологии возделывания полевых культур должны обеспечивать получение высоких урожаев с хорошим качеством растениеводческой продукции при условии сохранения и воспроизводства плодородия почвы. Физическая и химическая структура, а также биологическая активность почвы, включая пространственное расположение ее компонентов, имеют основополагающее значение для поддержания сельскохозяйственной продуктивности и определяют здоровье и плодородие почвы [4, 5]. Рекомендуемые варианты управления сельскохозяйственными землями для увеличения содержания органического вещества в почве и улучшения ее качества, почти всегда включают некоторое снижение интенсивности обработки почвы и внедрение интегрированных многофункциональных севооборотов, включающих кормовые бобовые и/или мелкозерновые культуры. Было доказано, что интегрированные, расширенные севообороты, включающие мелкозерновые культуры (рапс, лен, горчица) и кормовые бобовые увеличивают содержание органического углерода в почве по сравнению с моно- или бикультурными севооборотами [6, 7]. При этом, рядом зарубежных авторов установлено благотворное влияние ресурсосберегающих систем земледелия и их преимущество над традиционными системами на снижение эрозии почв, содержание органического углерода, улучшение микробного здоровья и др., а расширение площадей, обрабатываемых ресурсосберегающим методом, имеет экономические преимущества для фермеров, как материальные, так и нематериальные (энерго и экологосберегающие) [8, 9, 10].

Цель исследования – изучение влияния ресурсосберегающих технологий обработки почвы, в сравнении с традиционной для зоны, на баланс органического вещества и биоэнергетическую эффективность возделывания культур в плодосменном севообороте.

Материалы и методы

Полевые опыты закладывались на экспериментальном стационаре Северо-Казахстанской сельскохозяйственной опытной станции в 2021–2025 гг. в степной зоне Северо-Казахстанской области. Климат зоны – засушливый, среднеобеспеченный теплом. Среднегодовое количество осадков 384,0 мм, за период вегетации – 217 мм (2021 г. – 154 мм; 2022 г. – 197 мм; 2023 г. – 148 мм; 2024 г. – 312 мм; 2025 г. – 302 мм). Период вегетации в пределах 136 дней, среднемноголетняя сумма положительных температур – 2250 °С, гидротермический коэффициент (ГТК) – 0,85. Рельеф – равнинный с большим количеством неглубоких впадин, занятых озёрами. Ландшафты характеризуются отсутствием лесов.

Почва опытного участка – чернозём обыкновенный, среднемощный, с нейтральной и слабощелочной реакцией, pH водной вытяжки 7,2–8,0. Содержание гумуса 4,5–5,0%, плотность слоя 0–20 см – 1,10–1,15 г/см³. Агротехнический фон – традиционная технология (с комплексом механических обработок), минимальная технология (совмещение механических и гербицидным обработок), нулевая технология No-Till (полное отсутствие механических обработок). Повторность опыта трехкратная. Размер учётной делянки – 240 м² (8 × 30 м), площадь опыта – 10 800 м². Посев проведён анкерной сеялкой точного высева Amazone DMC 3000 в оптимальные агротехнические сроки. Норма высева яровой пшеницы – 3,5 млн всхожих семян/га, гороха – 1,2 млн всхожих семян/га, рапса – 0,7 млн всхожих семян/га. Для посева использованы районированные для региона сорта, имеющие оптимальные посевные показатели. Учёт урожайности произведён учётным комбайном Sampro прямым комбайнированием.

Объектом исследования выступил 5-ти польный плодосменный севооборот – 1. пар, 2. рапс, 3. пшеница яровая, 4. горох, 5. пшеница яровая.

Учёты и наблюдения проведены по Методикам:

1. Методика проведения государственного сортоиспытания сельскохозяйственных растений [11];
2. Метод определения содержания и структуры органического вещества по методу Тюрина в модификации ЦИНАО, в слое почвы 0–20 см [12];
3. Методика биоэнергетической оценки технологий производства продукции растениеводства [13].
4. Методика расчёта и минимизации энергоёмкости продукции растениеводства [14].
5. Расчет валовых запасов гумуса почвы проведен по Методике проведения бонитировки почвы (принятой в Республике Казахстан), 2011 г [15].
6. Статистический анализ данных проведен по методике полевого опыта *Б.А. Доспехова* [16].

Результаты

Продуктивность севооборота определяется урожайностью отдельных культур в зависимости от варианта обработки почвы (механическая, минимальная, нулевая).

На основании проведенной выборки данных продуктивности севооборотов за период 2021–2025 гг. отмечен рост среднесугодней урожайности по вариантам сокращенной технологии (минимальная и нулевая). Наиболее эффективной технологией выступает нулевая (No-till), обеспечивающая максимальные показатели как по отдельным культурам, так и в среднем по севообороту. Так, по нулевому фону получена средняя урожайность севооборота, в пределах 2,35 т/га, что выше минимального фона на 0,14 т/га (+6%), и традиционного на 0,3 т/га (+13%), таблица 1.

Таблица 1 – Среднегодовая урожайность культур севооборота при применении различных технологий обработки почвы за период 2021–2025 гг., т/га

Фон	Культура в севообороте	Урожайность, т/га					
		2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.	средняя (за 5 лет)
1.Традиционная механическая обработка почвы	Пар	-	-	-	-	-	-
	Рапс	2,08	1,89	1,39	2,42	1,93	1,94
	Пшеница	2,69	1,43	2,80	3,10	2,50	2,50
	Горох	1,56	0,96	1,23	2,31	1,94	1,60
	Пшеница	1,44	2,24	1,83	2,54	2,72	2,15
Средняя по севообороту:							2,05
2.Минимальная технология (Mini-till)	Пар	-	-	-	-	-	-
	Рапс	2,23	2,28	1,58	2,30	2,39	2,16
	Пшеница	3,46	1,44	2,27	2,72	3,19	2,62
	Горох	1,60	1,09	1,58	1,90	2,28	1,69
	Пшеница	1,94	2,60	1,86	2,35	3,08	2,37
Средняя по севообороту:							2,21
3.Нулевая технология (No-till)	Пар	-	-	-	-	-	-
	Рапс	2,32	2,12	1,72	2,35	2,48	2,20
	Пшеница	3,43	1,88	2,85	2,60	3,28	2,81
	Горох	1,47	1,12	1,37	1,96	2,45	1,67
	Пшеница	2,34	3,16	2,08	2,28	3,73	2,72
Средняя по севообороту:							2,35
НСР _{0.95}							0,24

В разрезе отдельных культур, максимальная продуктивность рапса за 5 лет получена по минимальной и нулевой технологии – 2,16 – 2,20 т/га (с превышением традиционного фона на 11–13%). По продуктивности гороха также изучаемые технологии были довольно близки, со значением 1,67–1,69 т/га (+4-6% к традиционному фону). При этом максимальная разность

отмечена по яровой пшенице, с урожайность по традиционной обработке 2,15–2,50 т/га, и прибавкой по минимальной – 5–10%, нулевой технологии – 12–26%.

Одним из основных факторов формирования продуктивности является содержание гумуса почвы, и его составные элементы. В наших исследованиях, наряду с удельным содержанием гумуса (%) и его составом, произведен расчет валовых запасов гумуса почв в зависимости от применяемой технологии обработки почвы. Так, запас гумуса рассчитывался на основе процента содержания гумуса в почве, плотности почвы и мощности слоя (в слое 0–20 см), по формуле 1.

$$\text{Гумус}_{\text{вал}} = C \times H \times d \times 100, \quad (1)$$

где

C – содержание гумуса, %;

H – мощность слоя;

m, d – плотность почвы, т/м³.

По полученным данным, севооборот с традиционной обработкой почвы характеризовался относительно низким уровнем гумуса и углерода. Структура органического вещества менее устойчива по сравнению с ресурсосберегающими технологиями. При удельном содержании гумуса по данной системе 3,98%, валовые запасы достигали 95,4 т/га, с максимальным содержанием по фону рапса, посеянного по пару (таблица 2). Запасы общего углерода в пределах 2,00% и углерода лабильного – 0,92%, были минимальными среди изучаемых вариантов. При этом, соотношение гуминовых кислот к фульвокислотам в гумусе, характеризующее уровень плодородия, стабильность почвенной структуры, также было минимальным.

Таблица 2 – Содержание и структура органического вещества почвы по изучаемым культурам и технологиям в севообороте

Фон	Культура в севообороте	Гумус почвы, %	Валовый гумус, т/га	Общий углерод (Собщ), %	Углерод лабильный (Слаб), %	Сгк/Сфк*
1. Традиционная механическая обработка почвы	Пар	3,87	92,9	2,04	0,95	2,6/1
	Рапс	4,32	103,7	2,10	0,93	3,0/1
	Пшеница	3,99	95,6	2,13	0,86	3,2/1
	Горох	3,78	90,6	1,82	0,95	2,0/1
	Пшеница	3,92	94,0	1,92	0,91	2,4/1
Средняя по севообороту:		3,98	95,4	2,00	0,92	2,6/1
2. Минимальная технология (Mini-till)	Пар	3,88	100,9	2,07	1,04	3,2/1
	Рапс	4,04	105,0	2,24	1,10	3,0/1
	Пшеница	4,19	108,9	1,89	1,07	3,5/1
	Горох	3,97	103,2	2,18	1,15	2,5/1
	Пшеница	4,25	110,5	2,31	1,23	2,8/1
Средняя по севообороту:		4,07	105,7	2,14	1,12	3,0/1
3. Нулевая технология (No-till)	Пар	3,94	110,2	2,14	1,12	3,9/1
	Рапс	3,80	106,3	2,44	1,14	2,9/1
	Пшеница	4,23	118,3	1,96	1,28	3,7/1
	Горох	4,09	114,5	1,96	1,09	2,5/1
	Пшеница	4,75	132,9	2,50	1,22	3,1/1
Средняя по севообороту:		4,16	116,4	2,20	1,17	3,2/1
НСР _{0,95}		0,36	9,61	0,26	0,09	-

* - Сгк/Сфк – отношение удельного веса гуминовых кислот к фульвокислотам.

Гуминовые кислоты, в свою очередь, являются результатом постепенного распада органики, которая со временем превращается в гумус – органическую составляющую почвенного грунта. Поэтому именно наличие в почве гуминовых кислот связывают с повышением содержания гумуса [17, 18]. В наших исследованиях запасы гумуса повышались при использовании минимальной технологии до 4,07% (+0,1%), или валовом выражении до 105,7 т/га (+11%), при использовании нулевой технологии до 4,16% (+0,18%), в валовом выражении – 116,4 т/га (+22%). В то же время отмечается закономерное повышение структурных показателей гумуса, в том числе общего содержания углерода на 0,14% на минимальном, и 0,20% на нулевом фоне, содержания углерода лабильного на 0,20% на минимальном, 0,25% на нулевом фоне. Отмечается устойчивый рост соотношения гуминовых кислот над фульвокислотами на фонах с ресурсосберегающими технологиями, до 3,0/1 – на минимальном, и 3,2/1 – на нулевом фоне. Это характеризует более высокое поступление органических пожнивных остатков в почву, и интенсивное разложение в поверхностных слоях. При этом показатель увеличения суммарного содержания гуминовых кислот, указывает на протекание процесса гумусообразования в гуматном направлении на вариантах сокращенной обработки почвы.

Для оценки достоверности различий между вариантами технологий обработки почвы были рассчитаны значения НСР_{0,95}. Полученные значения составили: для содержания гумуса почвы – 0,36 %, для валового гумуса – 9,61 т/га, для общего углерода ($C_{\text{общ}}$) – 0,26 %, для лабильного углерода ($C_{\text{лаб}}$) – 0,09 %. Следовательно, различия между сравниваемыми вариантами считаются статистически достоверными при превышении указанных величин. Наибольшие различия между технологиями наблюдаются по показателю валового гумуса, что свидетельствует о более выраженном влиянии способа обработки почвы на накопление органического вещества.

Энергетическая оценка эффективности возделывания сельскохозяйственных культур, наряду с экономическим или статистическим анализом, заключается в соотношении количества накопленной растительным сообществом энергии с антропогенными затратами и позволяет более объективно и точно проводить это через энергетические эквиваленты, затрачиваемые на производство единицы сельскохозяйственной продукции независимо от ценовой политики. Энергетический подход представляет возможность количественно определить энергетическую оценку сельскохозяйственной продукции и технологий их возделывания [19]. Основным показателем, оказавшим влияние на энергетическую эффективность технологий возделывания (традиционная, минимальная, нулевая) в проводимых исследованиях, выступала урожайность и накопленная в ней энергия. Расходная часть баланса рассчитывалась по технологической карте возделывания культур в севообороте (пшеница яровая, рапс, горох), с учётом основных статей затрат. При этом, методы энергетической оценки технологий возделывания сельскохозяйственных культур следует ориентировать с позиций влияния их на почвенное плодородие. В частности, учитывать динамику запасов гумуса, который в чернозёмной зоне составляет около 95% энергии от общего энергопотенциала почвы [20].

Содержание энергии севооборота в разрезе изучаемых технологий рассчитывалось на основании средних коэффициентов содержания энергии в продукции сельского хозяйства: пшеница яровая – 12,0–12,5 МДж/кг, рапс – 13,0–13,5 МДж/кг, горох – 13,4–14,0 МДж/кг. При этом, наибольшее содержание энергии в продукции отмечено в севообороте по нулевой системе земледелия – 29,33 МДж/га, с превышением минимальной системы на 1,68 МДж/га (+ 6%) и традиционной системы на 3,71 МДж/га (+15%). В разрезе отдельных культур максимальный запас энергии обеспечила яровая пшеница, в пределах 25,80–33,72 МДж/га, в виду более высокой валовой продуктивности (таблица 3).

Таблица 3 – Биоэнергетическая эффективность возделывания культур плодосменного севооборота при использовании различных технологий (традиционная, минимальная, нулевая)

Фон	Культура в севообороте	Продуктивность, зерн. ед., т/га в год	Содержание энергии в продукции МДж/га	Коэфф. энергет. эффективности без учёта затрат энергии гумуса	Коэфф. энергет. эффективности с учётом затрат энергии гумуса
1. Традиционная механическая обработка почвы	Пар	-	-	-	
	Рапс	1,94	25,22	0,98	0,69
	Пшеница	2,50	30,00	1,16	0,82
	Горох,	1,60	21,44	1,16	0,73
	Пшеница	2,15	25,80	0,99	0,70
Средняя по севообороту:		2,05	25,62	1,07	0,74
2. Минимальная технология (Mini-till)	Пар	-	-	-	
	Рапс	2,16	28,08	1,12	0,87
	Пшеница	2,62	31,44	1,20	0,94
	Горох	1,69	22,65	1,22	0,88
	Пшеница	2,37	28,44	1,09	0,85
Средняя по севообороту:		2,21	27,65	1,15	0,89
3. Нулевая технология (No-till)	Пар	-	-	-	
	Рапс	2,20	28,60	1,26	1,09
	Пшеница	2,81	33,72	1,31	1,15
	Горох	1,67	22,38	1,37	1,12
	Пшеница	2,72	32,64	1,27	1,11
Средняя по севообороту:		2,35	29,33	1,30	1,12

Энергоэффективность изучаемых технологий определена как отношение энергии, накопленной в урожае, к затратам совокупной энергии (рассчитанной по технологической карте), по формуле (2).

$$\text{Коэффициент энергетической эффективности}_3 = \frac{\mathcal{E}_в}{\mathcal{E}_з} \quad (2)$$

где

$\mathcal{E}_в$ – энергия, накопленная в урожае (полученная энергия), МДж/га;

$\mathcal{E}_з$ – совокупные затраты энергии (затраченная энергия), МДж/га [14].

При этом, с целью оценки энергоэффективности расхода гумуса почвы на формирование урожая при различных технологиях земледелия, рассчитан коэффициент с учётом включения затрат энергии гумуса, в совокупные затраты энергии на формирование урожая ($\mathcal{E}_з$).

По полученным расчётным данным коэффициент энергетической эффективности без учёта затрат энергии гумуса возрастает от 1,07 при традиционной обработке до 1,15 при минимальной и 1,30 при нулевой технологии, что указывает на более рациональное использование энергетических ресурсов при сокращении механических обработок. Полученный коэффициент со значением $1,07-1,30 > 1$ показывает, что технология эффективна, урожай даёт больше энергии, чем затрачено. С учётом включения энергетических затрат гумуса различия между технологиями становятся более выраженными: коэффициент составляет 0,74 для традиционной, 0,89 для минимальной и достигает 1,12 при нулевой обработке почвы. Это подтверждает, что технологии с минимальным вмешательством в почвенный покров, в долгосрочной перспективе, способствуют не только росту продуктивности, но и сохранению энергетического потенциала почвы. В данном случае только по нулевой системе коэффициент превышает 1, что показывает эффективность технологии даже с учетом нагрузки на почву.

Обсуждение

По результатам проведенных исследований установлено, что наиболее продуктивной в севообороте выступает нулевая технология возделывания с/х культур (No-till), обеспечивающая максимальные показатели как по отдельным культурам, так и в среднем по севообороту. Средняя продуктивность севооборота составила 2,35 т/га, что выше минимального фона на 0,14 т/га (+6%) и традиционного на 0,3 т/га (+13%). Повышенная продуктивность на фонах с ресурсосберегающими системами земледелия обеспечивает максимальное валовое содержание энергии в продукции, достигающее 29,33 МДж/га в севообороте по нулевой технологии, с превышением минимальной системы на 6% и традиционной системы на 15%. В то же время, долгосрочное применение ресурсосберегающих систем земледелия на обыкновенных черноземах Северного Казахстана приводило к устойчивому повышению удельного содержания гумуса почвы и, в частности, его структурных показателей. Одним из основных факторов повышения запасов органического вещества почвы при использовании нулевых технологий является большее поступление растительного материала в виде мульчирования (соломы, пожнивных остатков, корневой массы). С тонной соломы зерновых культур в почву поступает 810 кг органического вещества, 5–14 кг – азота, 0,7–2,4 кг – фосфора, 10–17 кг калия, 9–12 кг – кальция и 0,8–3,0 кг магния. Благодаря высокому содержанию целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина она служит важным источником углерода для почвенной микробиоты [21]. Образование гумусовых кислот и их закрепление во многом определяется количеством и качеством растительного материала, поступающего в почву, гидротермическим режимом, реакцией среды, окислительно-восстановительными условиями. Трансформация органических остатков в почвах завершается в той или иной мере формированием новообразованных групп гумусовых соединений, входящих в состав лабильных [22].

Так, запасы гумуса при использовании минимальной технологии повышались до 4,07% (+0,1%) или валовом выражении до 105,7 т/га (+11%), при использовании нулевой технологии до 4,16% (+0,18%), в валовом выражении – 116,4 т/га (+22%), в сравнении с традиционной обработкой. Показатели группового состава гумуса по вариантам с нулевой и минимальной технологией возрастали закономерно балансу гумуса. По общему количеству углерода (Собщ) севообороты с ресурсосберегающими системами превысили традиционный фон на 0,14–0,20%, углерода лабильного (Слаб) на 0,20–0,25%. При этом преобладающую долю гумусовых веществ в органическом веществе занимали гуминовые кислоты (Сгк), с соотношением гуминовых кислот к фульвокислотам на фонах с ресурсосберегающими технологиями до 3,0/1 – на минимальном и 3,2/1 – нулевом фоне. Это свидетельствует о более высоком поступлении органических пожнивных остатков в почву, повышенной активности микроорганизмов почвы, и интенсивном разложении органической массы в поверхностных слоях.

Конечным показателем изучения эффективности многолетнего применения ресурсосберегающих систем земледелия в наших исследованиях выступала биоэнергетическая оценка технологий. На основании данного анализа установлено, что снижение интенсивности обработки почвы сопровождается повышением биоэнергетической эффективности агроэкосистем. Наиболее высокие значения всех анализируемых показателей характерны для технологий сокращённой обработки почвы (Mini-till, No-till), что свидетельствует о её преимуществе с точки зрения энергетической эффективности и устойчивости земледелия.

Заключение

Согласно полученным сводным данным исследования, выявлено положительное влияние многолетнего использования ресурсосберегающих систем земледелия на сохранение и восстановление запасов органического вещества почвы на обыкновенных чернозёмах Северного Казахстана. Установлено, что многолетнее использование данных систем не только приводит к общему повышению гумуса и связанных с ним показателей (углерод, гуминовые кислоты, фульвокислоты), но и имеет высокую эффективность производства, даже с учётом расходной части гумуса, требуемой для формирования урожая. Изучение группового состава гумуса на данных вариантах подтверждает глубокие положительные изменения, происходящие в почве,

и чётко согласовываются с оцениваемыми факторами образования гумуса. Полученные данные показывают, что особое внимание в процессе внедрения интенсивных технологий земледелия должно уделяться экологическим аспектам.

Вклад авторов

ОЮ: определение целей и задач исследования, разработка методологии, анализ данных и написание основной части статьи. ВВ, ЛИ: обработка экспериментальных данных, литературный обзор, анализ данных и описание, рецензирование и редактирование. Все авторы прочитали, изучили и одобрили окончательную редакцию рукописи, с учётом доработок и представленных замечаний.

Информация о финансировании

Работа выполнена в рамках программно-целевого финансирования МСХ РК BR22885719 «Разработать и внедрить устойчивые системы земледелия для рентабельного производства сельскохозяйственной продукции в условиях изменяющегося климата для различных почвенно-климатических зон Казахстана» на 2024–2026 гг.

Список литературы

- 1 Пашков, С.В., Байбусинова, С.Б. (2017). Природные и агрогенетические условия плодородия почв в Северном Казахстане. *Журнал Забайкальского государственного университета*, 23(2), 16–27. DOI: 10.21209/2227924520172321627.
- 2 Базильжанов, Е.К. (2011). Состояние пахотных земель в Казахстане. *Земельные ресурсы Казахстана*, 2(65), 16–18.
- 3 Лебедь, Л., Есеркепова, И. (2023). Экологический мониторинг возделываемых земель в национальной системе инвентаризации парниковых газов. *Гидрометеорология и экология*, 3, 156–158.
- 4 Никитин, С.Н., Куликова, А.Х., Карпов, А.В. (2015). Влияние удобрений на урожайность и биоэнергетическую эффективность технологий возделывания сельскохозяйственных культур в севообороте. *Вестник Ульяновской ГСХА*, 4(32), 45–51. DOI:10.18286/1816-4501-2015-4-45-51.
- 5 Lehman, R.M., Cambardella, C.A. et al. (2015). Understanding and Enhancing Soil Biological Health: The Solution for Reversing Soil Degradation. *Sustainability*, 7(1), 988–1027. DOI:10.3390/su7010988.
- 6 Potter, S.R., Andrews, S., Atwood, J.D. (2006). Model simulation of soil loss, nutrient loss, and change in soil organic carbon associated with crop production. USDA. *Natural Resources Conservation Service, Washington, DC*. <http://www.nrcs.usda.gov/technical/nri/ceap>.
- 7 Marriott, E.E., Wander, M. (2006). Qualitative and quantitative differences in particulate organic matter fractions in organic and conventional farming systems. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(7), 1527–1536. DOI: 10.1016/j.soilbio.2005.11.009.
- 8 Țopa, D.-C., Căpșună, S., Calistru, A.-E., Ailincăi, C. (2025). Sustainable Practices for Enhancing Soil Health and Crop Quality in Modern Agriculture: A Review. *Agriculture*, 15(9), 998. DOI:10.3390/agriculture15090998.
- 9 Busari, M.A., Kukal, S.S., Kaur, A., Bhatt, R., Dulazi, A.A. (2015). Conservation tillage impacts on soil, crop and the environment. *International soil and water conservation research*, 3(2), 119–129. DOI: 10.1016/j.iswcr.2015.05.002.
- 10 MacRae, R.J., Hill, S.B., Mehuys, G.R., Henning, J. (1990). Farm-scale agronomic and economic conversion from conventional to sustainable agriculture. *Advances in agronomy*, 43, 155–198. DOI:10.1016/S0065-2113(08)60478-2.
- 11 *Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур*. (2002). Под ред. С.О. Скокбаева. Алматы: 378.
- 12 Межгосударственный стандарт ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. (1993). Методика определение органического вещества по методу Тюрина в модификации ЦИНАО.

13 *Методика биоэнергетической оценки технологий производства продукции растениеводства.* (1983). Москва: МСХ СССР, ВАСХНИЛ, под ред. Коверина А.В.

14 *Методика расчёта и минимизации энергоемкости продукции растениеводства.* (2007). Под ред. Ловкис В.Б., Дашков В.Н. Москва: 12–14.

15 Paustian, K., Lehmann, J., Ogle, S., David Reay, G., Robertson, P., Smith P. (2016). Climate-smart soils. *Nature*, 532(7597), 49–57. DOI:10.1038/nature17174.

16 Шеховцов, Г.А., Чайкина, Н.Н. (2018). Мониторинг плодородия почв. *Земледелие*, 6, 21–26.

17 Vikram, N., et al. (2022). Properties of Humic Acid Substances and Their Effect in Soil Quality and Plant Health. In *Humus and Humic Substances - Recent Advance, IntechOpen*. DOI:10.5772/intechopen.105803.

18 Uttam Biswas, A., Tusar Kanti, R., et al. (2025). Role of humic acid in climate change adaptation measures to enhance agricultural resilience and improve soil health: A potential review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 313, 144043. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2025.144043.

19 Булаткин, Г.А. (1997). Энергетическая эффективность земледелия и агроэкосистем: взаимосвязи и противоречия. *Агрохимия*, 3, 63–66.

20 Куликова, А.Х., Карпов, А.В., Вандышев, И.А., Тигин, В.П. (2007). Агроэкологическая оценка плодородия почв среднего Поволжья и концепция его воспроизводства. *Ульяновская ГСХА*, 2, 171.

References

1 Pashkov, S.V., Baybusinova, S.B. (2017). Prirodnye i agrogeneticheskie usloviya plodorodiya pochv v Severnom Kazahstane. *Zhurnal Zabaikal'skogo gosudarstvennogo universiteta*, 23(2), 16–27. DOI:10.21209/2227924520172321627. [in Russ].

2 Bazilzhanov, E.K. (2011). Sostoyanie pahotnyh zemel' v Kazahstane. *Zemel'nye resursy Kazakhstana*, 2(65), 16–18. [in Russ].

3 Lebed, L., Eserkepova, I. (2023). Ekologicheskii monitoring vozdeleyvaemykh zemel' v nacional'noi sisteme inventarizatsii parnikovyykh gazov. *Gidrometeorologiya i ekologiya*, 3, 156–158. [in Russ].

4 Nikitin, S.N., Kulikova, A.Kh., Karpov, A.V. (2015). Vliyanie udobrenii na urozhainost' i bioenergeticheskuyu effektivnost' tehnologii vozdeleyvaniya sel'skohozyaystvennykh kul'tur v sevoobroto. *Vestnik Ul'yanovskoi GSHA*, 4(32), 45–51. DOI:10.18286/1816-4501-2015-4-45-51. [in Russ].

5 Lehman, R.M., Cambardella, C.A. et al. (2015). Understanding and Enhancing Soil Biological Health: The Solution for Reversing Soil Degradation. *Sustainability*, 7(1), 988–1027. DOI:10.3390/su7010988.

6 Potter, S.R., Andrews, S., Atwood, J.D. (2006). Model simulation of soil loss, nutrient loss, and change in soil organic carbon associated with crop production. USDA. *Natural Resources Conservation Service, Washington, DC*. <http://www.nrcs.usda.gov/technical/nri/ceap>.

7 Marriott, E.E., Wander, M. (2006). Qualitative and quantitative differences in particulate organic matter fractions in organic and conventional farming systems. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(7), 1527–1536. DOI: 10.1016/j.soilbio.2005.11.009.

8 Țopa, D.-C., Căpșună, S., Calistru, A.-E., Ailincăi, C. (2025). Sustainable Practices for Enhancing Soil Health and Crop Quality in Modern Agriculture: A Review. *Agriculture*, 15(9), 998. DOI:10.3390/agriculture15090998.

9 Busari, M.A., Kukal, S.S., Kaur, A., Bhatt, R., Dulazi, A.A. (2015). Conservation tillage impacts on soil, crop and the environment. *International soil and water conservation research*, 3(2), 119–129. DOI: 10.1016/j.iswcr.2015.05.002.

10 MacRae, R.J., Hill, S.B., Mehuys, G.R., Henning, J. (1990). Farm-scale agronomic and economic conversion from conventional to sustainable agriculture. *Advances in agronomy*, 43, 155–198. DOI:10.1016/S0065-2113(08)60478-2.

11 *Методика государственного сортиспытания сельскохозяйственных культур.* (2002). Под ред. С.О. Скокбаева. Алматы: 378. [in Russ].

12 Межгосударственный стандарт GOST 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. (1993). Методика определения органического вещества по методу Тюрина в модификации ЦИНАО. [in Russ].

- 13 *Metodika bioenergeticheskoo ocenki tehnologii proizvodstva produkcii rastenievodstva.* (1983). Moskva: MSH SSSR, VASHNIL, pod red. Koverina A.V. [in Russ].
- 14 *Metodika rascheta i minimizacii energoemkosti produkcii rastenievodstva.* (2007). Pod red. Lovkis V.B., Dashkov V.N. Moskva: 12–14. [in Russ].
- 15 Paustian, K., Lehmann, J., Ogle, S., David Reay, G., Robertson, P., Smith, P. (2016). Climate-smart soils. *Nature*, 532(7597), 49–57. DOI:10.1038/nature17174.
- 16 Shekhovtsov, G.A., Chaikina, N.N. (2018). Monitoring plodorodiya pochv. *Zemledelie*, 6, 21–26. [in Russ].
- 17 Vikram, N., et al. (2022). Properties of Humic Acid Substances and Their Effect in Soil Quality and Plant Health. In *Humus and Humic Substances - Recent Advance, IntechOpen*. DOI:10.5772/intechopen.105803.
- 18 Uttam Biswas, A., Roy, T.K., et al. (2025). Role of humic acid in climate change adaptation measures to enhance agricultural resilience and improve soil health: A potential review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 313, 144043. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2025.144043.
- 19 Bulatkin, G.A. (1997). Energeticheskaya effektivnost' zemledeliya i agroekosistem: vzaimosvyazi i protivorechiya. *Agrohimiya*, 3, 63–66. [in Russ].
- 20 Kulikova, A.Kh., Karpov, A.V., Vandyshchev, I.A., Tigin, V.P. (2007). Agroiekologicheskaya ocenka plodorodiya pochv srednego Povolzh'ya i koncepciya ego vosproizvodstva. *Ul'yanovskaya GSHA*, 2, 171. [in Russ].

**Жемісәлмалы ауыспалы егісте ауыл шаруашылығы дақылдарын өсіру кезінде
топырақты өңдеудің әртүрлі технологияларының органикалық заттар балансына
және биоэнергетикалық тиімділікке әсері**

Соловьёв О.Ю., Заика В.В., Савинкина Л.И.

Түйін

Алғышарттар мен мақсат. Зерттеудің өзектілігі Солтүстік Қазақстан облысы топырағындағы органикалық заттардың мөлшерін тұрақтандыру және арттыру қажеттілігімен байланысты. Қазіргі уақытта өңірдегі топырақ құнарлылығы егістік жерлердің 95% астам бөлігінде төмен және орташа деңгейде (2,1–6,0%) бағаланады. Сонымен қатар, Солтүстік Қазақстан облысы бойынша 30 жыл ішіндегі топырақтағы қарашірік қоры динамикасының ұзақ мерзімді бағалау нәтижелері бастапқы 5,6–6,0% мөлшерінен 20–35% төмендегенін, ал экстенсивті егіншілік технологияларын қолдану кезінде жыл сайынғы шығын 0,4–0,6% дейін жететінін көрсетті.

Материалдар мен әдістер. Ғылыми зерттеулер бес танапты жемісәлмалы ауыспалы егіс жүйесінде (сүрі жер-рапс-бидай-бұршақ-бидай) әртүрлі дәстүрлі (механикалық өңдеу), минималды және нөлдік технологиялар қолдану жағдайында жүргізілді. Зерттеу әдістемесі стационарлық жағдайда танаптық тәжірбиелер жүргізуді, сондай-ақ ауыл шаруашылық дақылдарының өнімділігін зертханалық бағалауды және алынған мәліметтерді талдауды қамтыды.

Нәтижелер. Зерттеу нәтижелері бойынша ауыспалы егісте ең жоғары өнімділікті қамтамасыз ететін жүйелер ретінде ресурсты үнемдейтін минималдық және нөлдік өңдеу технологиялары анықталды, олар агроэкожүйелердің биоэнергетикалық тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, бұл жүйелер топырақтағы органикалық заттардың оң балансын, оның минималды және топтық құрамының қолайлы көрсеткіштерін қамтамасыз ете отырып, экологиялық жүктемені төмендетеді.

Қорытынды. Кәдімгі қара топырақта егін шаруашылығының ресурсты үнемдейтін жүйелерін ұзақ қолдану ол жалпы қарашіріктің көтерілуіне мүмкіндік туғызады және оған байланысты көрсеткіштердің (көміртегі, гумин қышқылы, фульво қышқылы) және өндірістің жоғарғы көрсеткіштерін, керек десе өнімділік қалыптастыруға қажетті қарашірік шығын бөлігін есептегенде. Жүргізілген зерттеулердің практикалық маңызы – өндірістік ауқымда қолданылатын

егіншілік жүйелерінің жалпы өнімділікке және топырақ құнарлығы көрсеткіштеріне әсерін бағалау бойынша сенімді деректер алуында.

Кілт сөздер: құнарлық; жемісәлмалы ауыспалы егіс; минималды технология (Mini-till); нөлдік технология (No-till); биоэнергетикалық тиімділік.

The influence of different soil cultivation technologies on the balance of organic matter and bioenergetic efficiency of crop cultivation in crop rotation

Oleg Yu., Solovyov, Vitaly V. Zaika, Ludmila I. Savinkina

Abstract

Background and Aim. The relevance of this research lies in the need to stabilize and increase soil organic matter content in the North Kazakhstan region. Currently, soil fertility in the region is assessed as low to moderate levels (2.1–6.0%) on more than 95% of arable land. A long-term assessment of soil humus dynamics over 30 years in the North Kazakhstan region revealed a 20–35% decrease from the initial content, ranging from 5.6–6%, and an annual loss of up to 0.4–0.6% with extensive farming practices.

Materials and Methods. The research was conducted in a five-field crop rotation (fallow-rapeseed-wheat-pea-wheat) with various farming techniques traditional (mechanical tillage), minimum-tillage, and no-till. The research methodology involved field trials at a permanent facility, as well as laboratory assessment of crop productivity and data analysis.

Results. The study found that resource-saving crop rotation systems minimal tillage and no-tillage are the most productive, while also increasing the bioenergetic efficiency of agroecosystems. Furthermore, these systems ensure minimal environmental impact with a positive balance of soil organic matter and its group composition.

Conclusion. The long-term use of resource-saving farming systems on ordinary chernozems not only contributes to an overall increase in humus and related indicators (carbon, humic acids, fulvic acids), but also results in high production efficiency, even taking into account the humus consumption required for crop formation. The practical value of the conducted research lies in obtaining reliable data for assessing the impact of farming systems applied at an industrial scale on overall productivity and the effectiveness of the impact on soil fertility indicators.

Keywords: fertility; crop rotation; minimal technology (mini-till); no-till; bioenergy efficiency.

Как цитировать: Кенжегулова, С.О., Звягин, Г.А., Куришбаев, А.К., Алманова, Ж.С., Ержан, Д. (2026). Оценка эмиссии CO₂ в зависимости от способа обработки чернозёма обыкновенного Костанайской области. *Евразийский агротехнический журнал*, 2(130), 141-154. DOI: [https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2\(130\).2240](https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2(130).2240)

УДК 631.458 :631.51.01

Исследовательская статья

Оценка эмиссии CO₂ в зависимости от способа обработки чернозёма обыкновенного Костанайской области

Кенжегулова С.О.¹ , Звягин Г.А.¹ , Куришбаев А.К.² , Алманова Ж.С.² , Ержан Д.² 

¹Казахский агротехнический исследовательский университет имени С.Сейфуллина
Астана, Казахстан

²Казахский национальный аграрный исследовательский университет
Алматы, Казахстан

Автор-корреспондент: Кенжегулова С.О.: saya_keng@mail.ru

Соавторы: (1: ГЗ) regor1984111@rambler.ru; (2: АК) akylbekkk_17@mail.ru
(3: ЖА) almanova44@mail.ru; (4: ЕД) Yerzhan.dilmurat@mail.ru

Получено: 15.05.2026 **Принято:** 29.06.2026 **Опубликовано:** 30.06.2026

Авторские права: Кенжегулова С.О. и др. Данная статья размещена в открытом доступе и распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Аннотация

Предпосылки и цель. Сельскохозяйственные почвы являются важным источником эмиссии диоксида углерода, интенсивность которой зависит от технологии обработки, уровня минерального питания и биологической активности почвы. В условиях Северного Казахстана изучение влияния различных агротехнологий на углеродный баланс приобретает особую актуальность в связи с задачами снижения выбросов парниковых газов и сохранения почвенного плодородия. Цель исследования – оценить динамику эмиссии CO₂ из чернозёма обыкновенного при различных системах обработки почвы и уровнях минерального питания.

Материалы и методы. Исследования проведены в 2025 году на базе ТОО «Карабалыкская сельскохозяйственная опытная станция» (Костанайская область, Карабалыкский район, п. Научный). Объектом исследования служил чернозём обыкновенный среднемощный тяжелосуглинистый. Изучались традиционная и нулевая (No-Till) технологии обработки почвы на фоне внесения минеральных удобрений (N₃₀P₂₀) и без удобрений, а также паровой участок. Интенсивность почвенного дыхания определяли в течение вегетационного периода яровой твёрдой пшеницы методом Штатнова. Выполнен анализ сезонной динамики эмиссии CO₂ и корреляционных связей между почвенными показателями и интенсивностью выделения углекислого газа.

Результаты. Установлено, что эмиссия CO₂ характеризуется выраженной сезонной изменчивостью и зависит от способа обработки почвы, фазы развития растений и уровня минерального питания. Максимальная интенсивность выделения углекислого газа наблюдалась в фазу кущения яровой пшеницы, тогда как к периоду созревания показатели существенно снижались. Наибольшие значения эмиссии отмечены при традиционной технологии обработки почвы, а применение No-Till обеспечивало снижение углеродных потерь на протяжении всего вегетационного периода. Внесение минеральных удобрений в большинстве случаев способствовало уменьшению интенсивности эмиссии CO₂. Корреляционный анализ выявил слабую зависимость между содержанием гумуса и нитратного азота, что указывает на определяющую роль гидротермических условий и биологической активности почвы в формировании потоков углекислого газа.

Закключение. Технология обработки почвы оказывает существенное влияние на интенсивность эмиссии CO₂ из чернозёма обыкновенного. Применение нулевой технологии

способствует снижению углеродных потерь и стабилизации углеродного баланса агроэкосистем, а максимальные потери углерода наблюдались на паровых участках в весенний период. Полученные результаты подтверждают перспективность ресурсосберегающих технологий, как инструмента повышения экологической устойчивости агроландшафтов Северного Казахстана и сокращения выбросов парниковых газов.

Ключевые слова: эмиссия; диоксид углерода; чернозем обыкновенный; органическое вещество; No-till; традиционная технология.

Введение

Увеличение концентрации парниковых газов в атмосфере связано, в первую очередь, с изменением климата, в связи с чем научное сообщество активно ищет эффективные методы сокращения их эмиссии. Как отмечает *Кудрявцев А.Е.* факторы, влияющие на секвестрацию, депонирование и эмиссию углекислого газа в агроценозах, играют ключевую роль в этом процессе [1]. В настоящее время многие страны пришли к пониманию о необходимости выбора пути к углеродной нейтральности в сельском хозяйстве с целью обеспечения нулевого баланса выбросов парниковых газов к 2050 году [2]. В этом контексте Республика Казахстан утвердила Стратегию достижения углеродной нейтральности до 2060 года, которая направлена на реализацию мер по снижению воздействия парниковых газов на климат и устойчивое развитие страны [3].

Углекислый газ (CO_2) является основным фактором возникновения парникового эффекта, обеспечивающим около 60% от общего количества парниковых газов, при этом растительность и почвенные экосистемы играют важную роль, как основные резервуары для его поглощения из атмосферы [4]. Концентрация CO_2 в атмосфере увеличивается примерно на $3,2 \times 10^{15}$ г углерода в год, при этом на сельское хозяйство приходится около 20% этих выбросов [5]. В новом докладе Всемирной метеорологической организации отмечены нарастающие климатические воздействия на концентрацию диоксида углерода атмосферы в 2023 году, где количество ее составляет 420,0 ppm, что на 151% больше доиндустриального уровня (в 1750 году) [6].

По данным ученого *Ковды В.А.*, углекислый газ атмосферы имеет почвенное происхождение на 90%, и ежегодное увеличение концентрации углекислого газа в атмосфере в антропогенных почвах, усиливается при её не рациональном использовании, превращая агроценоз в источник углекислого газа, а повышение продуктивности и восстановление многолетней растительности способствует секвестрации атмосферного углекислого газа и снижению парникового эффекта [7, 8, 9].

Ежегодные выбросы углекислого газа из почв связаны с дыханием почвенной биоты и отсутствием достаточного количества фотосинтезирующей зелёной растительности. Существует достаточно много факторов, влияющих на выделение диоксида углерода в атмосферу. По данным большинства исследований различные виды обработки почвы, ирригация, внесение минеральных и органических удобрений, экспозиция склона, вид севооборота и погодные условия оказывают активизирующее действие на динамику потока углекислого газа из почвы [9, 10, 11].

По интенсивности эмиссии углекислого газа можно судить о направленности изменения количества органического вещества в почвах, балансе между процессами минерализации и гумификации органического вещества, а также уровнем биологической активности почвы [12].

Из-за высокого содержания органического вещества чернозёмы Северного Казахстана являются не только ценным сельскохозяйственным ресурсом, но и основным фактором глобальных климатических процессов. Интенсивное использование пахотных угодий ускоряет минерализацию органического вещества почвы и, как следствие, приводит к увеличению выброса значительных объёмов углекислого газа в атмосферу. В связи с этим, перед аграрным сектором остро стоит вопрос разработки и внедрения устойчивых способов эффективного использования почв, позволяющих сохранить их плодородие и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду [13, 14]. Одним из методов сохранения и повышения плодородия чернозёмных почв и регулирования углеродного баланса в агроэкосистемах является правильный выбор агротехнологий, снижающих выброс парниковых газов в атмосферу.

Целью исследований является изучение динамики и оценки эмиссии углекислого газа на черноземе обыкновенном Костанайской области на паровом участке и при возделывании

яровой пшеницы в условиях традиционной и нулевой систем обработки почвы на фоне внесения минеральных удобрений и без внесения.

Материалы и методы

Для изучения интенсивности и динамики эмиссии углекислого газа в почвах агроландшафтов, в вегетационный период 2025 года были проведены исследования на территории опытного участка ТОО «Карабалыкская сельскохозяйственная опытная станция» (Костанайская область, Карабалыкский район, п. Научный).

Объектом исследования является чернозём обыкновенный среднесуглинистый, расположенный в лесостепной почвенно-климатической зоне Республики Казахстан. Климат опытного участка обусловлен слабовлажной умеренно теплой агроклиматической зоной, характеризующейся среднегодовой температурой + 3,1 °С и среднегодовым количеством осадков 368 мм.

Научные исследования проводились в трёхкратной повторности согласно схеме опыта с традиционной и нулевой обработки почвы при возделывании твердой пшеницы с внесением удобрений аммиачной селитры и аммофоса в дозе $N_{30}P_{20}$ (и без удобрений (контроль)). В схеме опытного участка также рассматривался паровой участок без внесения минеральных удобрений. Деляночные участки по каждому варианту имели размер: 52 на 6 м, 0,0312 га, общая площадь опытных участков 0,2 га (рисунок 1).

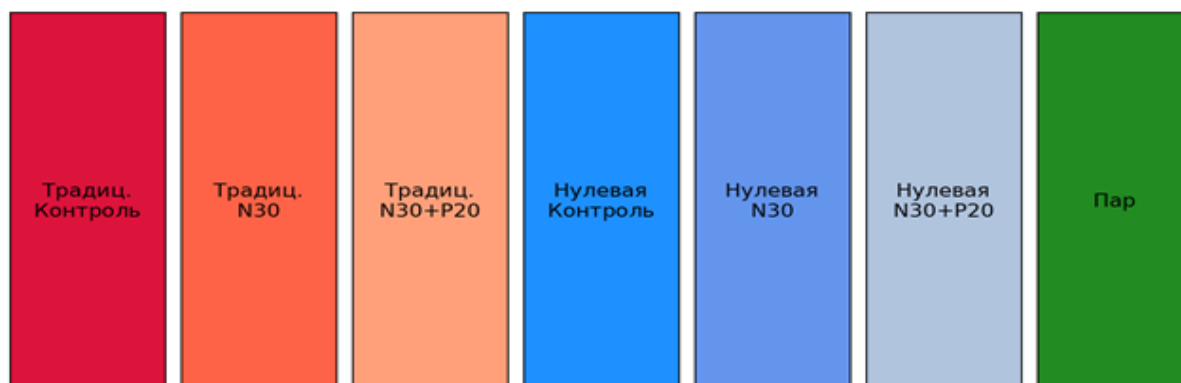


Рисунок 1 – Схема опытного участка

Полевые почвенные исследования проводились согласно ГОСТ 58595-2019 [15]. Общая площадь опытного участка составила 120 м², повторность в опыте – трехкратная.

Для определения почвенно-агрохимических показателей с глубины 0–20 см были отобраны почвенные образцы в количестве 21 проб с каждого варианта в разные периоды (до посева, фаза кущения, фаза колошения и после уборки урожая). В лабораторных условиях проводилось определение: гумуса – ГОСТ 26213-91; нитратного азота (NO₃) – ГОСТ 26951-86; подвижного фосфора (P₂O₅) и подвижного калия (K₂O) – по методу Мачигина в модификации ЦИНАО ГОСТ 26205-91; pH почвенной среды – ГОСТ-26483-85 [15].

Эксперимент проводился в вегетационный период с мая по сентябрь по методу Штатнова. Замеры эмиссии CO₂/м² в каждом периоде вегетации растений в 2025 году делались на первые, третьи и пятые сутки. Данный метод позволяет фиксировать выделение CO₂ из почвы (г CO₂/м²) титриметрическим методом по формуле 1:

$$D = \frac{(a-b) \cdot K}{S \cdot t}, \quad (1)$$

где

D – количество выделенного CO₂ из почвы, г CO₂/м²;

a – количество 0,1 н. НС1 затраченного на титрование контрольной чаши с щелочью, мл;

b – количество 0,1 н. НС1 затраченного на титрование чаши с щелочью образца, мл;

K – коэффициент для перевода мл 0,1 н. щелочи в мг CO₂, равный 2,2;

S – площадь сосуда, m^2 ;
 t – время экспозиции, ч [16].

Результаты

В изучаемом черноземе обыкновенном содержание гумуса колеблется от 4,40 до 4,68%; нитратного азота от 7,2 до 10,5 мг/кг; подвижных форм фосфора от 33,6 до 35,8 мг/кг; обменного калия от 692 до 757 мг/кг. Реакция почвенного раствора, определенная в водной вытяжке – 7,1–8,0, гранулометрический состав почвы – тяжелосуглинистый.

Изменчивость эмиссии углекислого газа зависит, как от изменения температуры воздуха, так и от температурного и водного режимов почвы, но в большей степени на выделение ее воздействует характеристика изучаемой почвы, растительный покров, микробиота [17]. Для изучаемого чернозёма обыкновенного характерна временная динамика выделения диоксида углерода по сезону и в течение суток.

При проведении исследований эмиссии углерода до посева в течении первых трех суток, как при традиционной, так и при нулевой обработке почвы выделение углекислого газа наблюдалась на одном уровне. По истечении пяти суток, на всех вариантах отмечается снижение содержания эмиссии диоксида углерода, но на варианте с нулевой обработкой почвы показатели ($2,7 \text{ г CO}_2/m^2$) были выше, чем при традиционной обработке почвы ($1,6 \text{ г CO}_2/m^2$), что может быть связано с особенностями распределения растительных остатков в верхнем слое почвы. В паровом поле, в этот период отмечались наибольшие потери углекислого газа после суток и через трое суток наблюдений, через пять суток эмиссия диоксида углерода была зафиксирована на уровне $1,5 \text{ г CO}_2/m^2$ (рисунок 2).

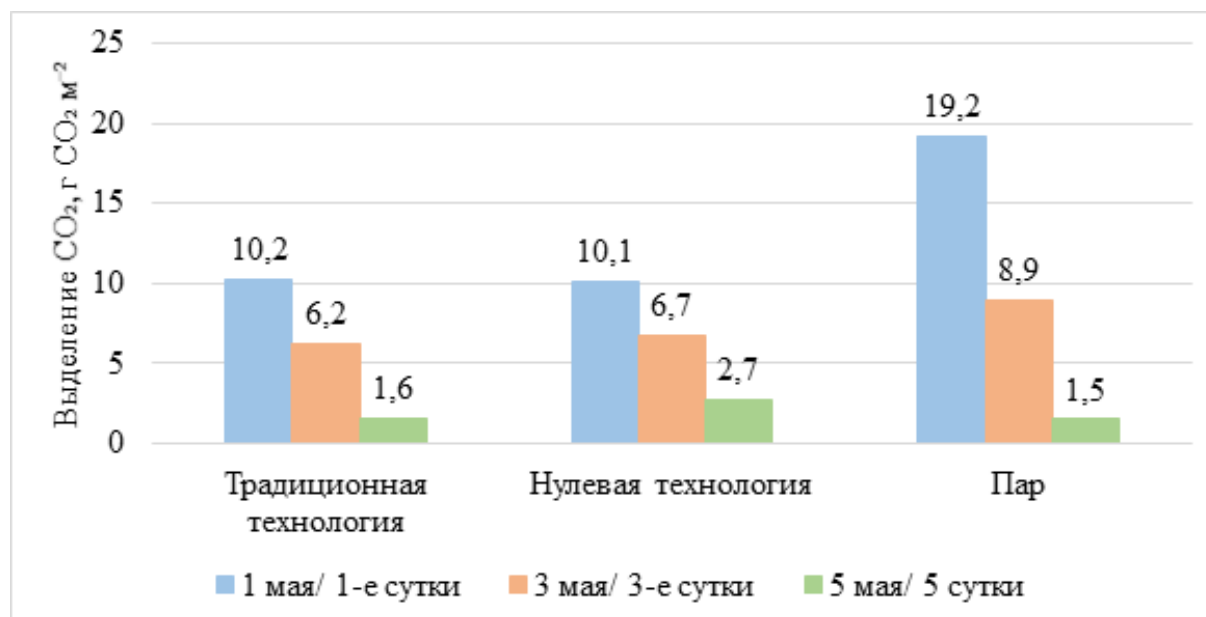


Рисунок 2 – Выделение углекислого газа из почвы перед посевом яровой пшеницы, $\text{г CO}_2/m^2$

Перед посевом сельскохозяйственной культуры снижение эмиссии углерода может быть обусловлено стабилизацией микробиологических процессов в почве, уменьшением доступности легкоразлагаемых органических соединений и возможным изменением влагообеспеченности и температуры верхнего почвенного горизонта. Более высокие начальные показатели на пару, свидетельствуют о более интенсивном процессе минерализации органического вещества в условиях отсутствия растительного покрова.

При измерении выделения углекислого газа из почвы при возделывании твердой пшеницы в фазу кущения интенсивность эмиссии CO_2 была выше чем до посева культуры (рисунок 3).

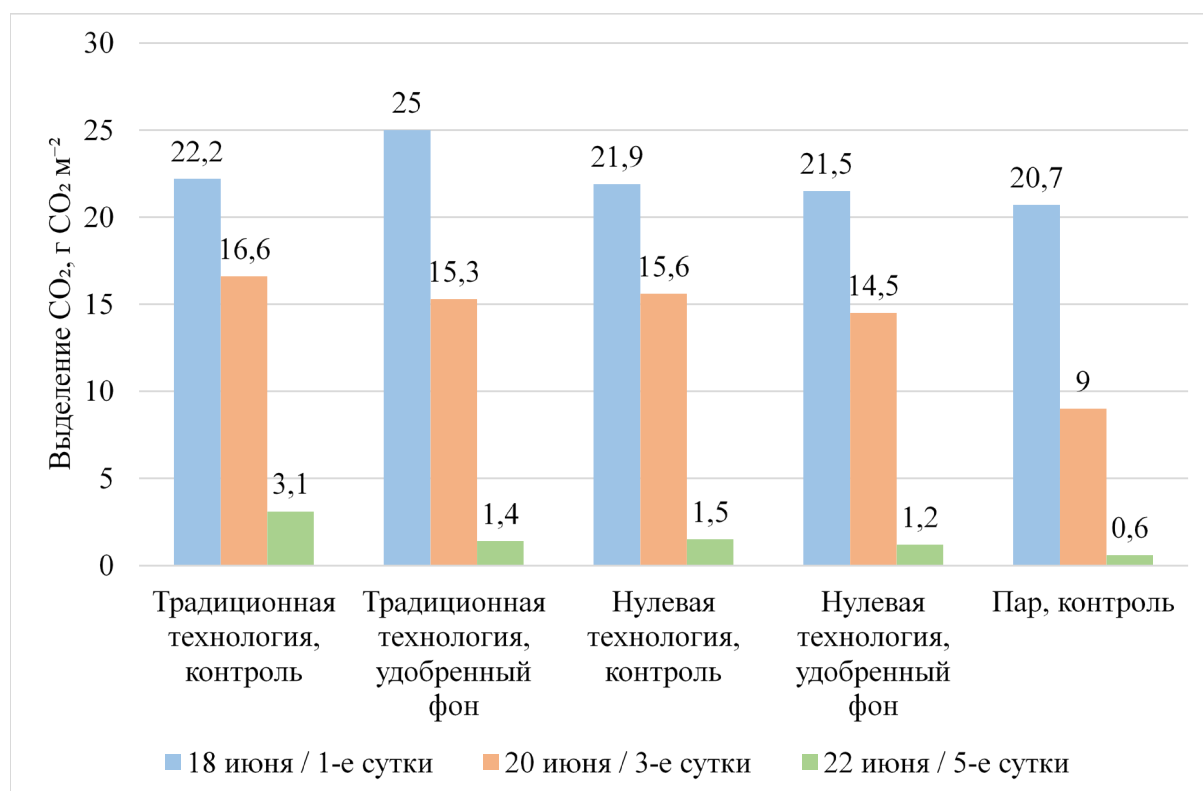


Рисунок 3 – Выделение углекислого газа из почвы в фазу кущения яровой твердой пшеницы, г $\text{CO}_2/\text{м}^2$

На первые сутки наблюдений наибольшая интенсивность выделения углекислого газа наблюдалась на удобренном варианте с традиционной обработкой, чем на удобренном участке с нулевой обработкой показатель, контрольных вариантах без внесения удобрений и паровом участке. Эти данные свидетельствуют о высокой микробиологической активности почвы на начальном этапе вегетации с/х растений, особенно в условиях внесения удобрений и механической обработки, что связано с разложением органического вещества и обеспечением микроорганизмов питательными веществами. Паровая обработка, где отсутствует растительный покров, показала наименьшую эмиссию среди всех вариантов, что связано с низкой микробиологической активностью почв.

На третий день наблюдений интенсивность выделения CO_2 снижается на всех участках. Снижение эмиссии CO_2 на третий день связано с уменьшением доступного органического вещества и частичной стабилизацией микробной активности. Разрыв между различными технологиями обработки почвы уменьшился, что отражает выравнивание условий микробиологической деятельности в почве.

К пятому дню выделение углекислого газа на участках без внесения удобрений и паровом участке было выше (1,5-3,1 г $\text{CO}_2/\text{м}^2$), чем на удобренных фонах и паровом участке (0,6-1,4 г $\text{CO}_2/\text{м}^2$). Эти результаты показали, что почвенное дыхание стабилизируется, активность микроорганизмов снижается, а различия между агротехнологиями стали минимальными.

Данные исследования демонстрируют, что в фазу кущения твердой пшеницы почвенное дыхание наиболее активно на начальных этапах, особенно на удобренных вариантах при традиционной обработке. Паровая обработка и нулевая технология замедляют выделение углекислого газа, особенно в первые сутки наблюдений. С течением времени интенсивность выделения CO_2 снижается, что отражает завершение активной фазы разложения органического вещества и стабилизацию биологической активности почвы.

По мере прогрессирования вегетации в фазу колошения твердой пшеницы интенсивность выделения углекислого газа из почвы постепенно снижается. Традиционная обработка и внесение удобрений обеспечивают более высокую биологическую активность на первые сутки, тогда как

паровые участки демонстрируют более низкие показатели на протяжении большинства периода. К пятому дню различия между вариантами обработки и удобрениями минимизируются, что отражает стабилизацию процессов почвенного дыхания и снижение активности микроорганизмов (рисунок 4).

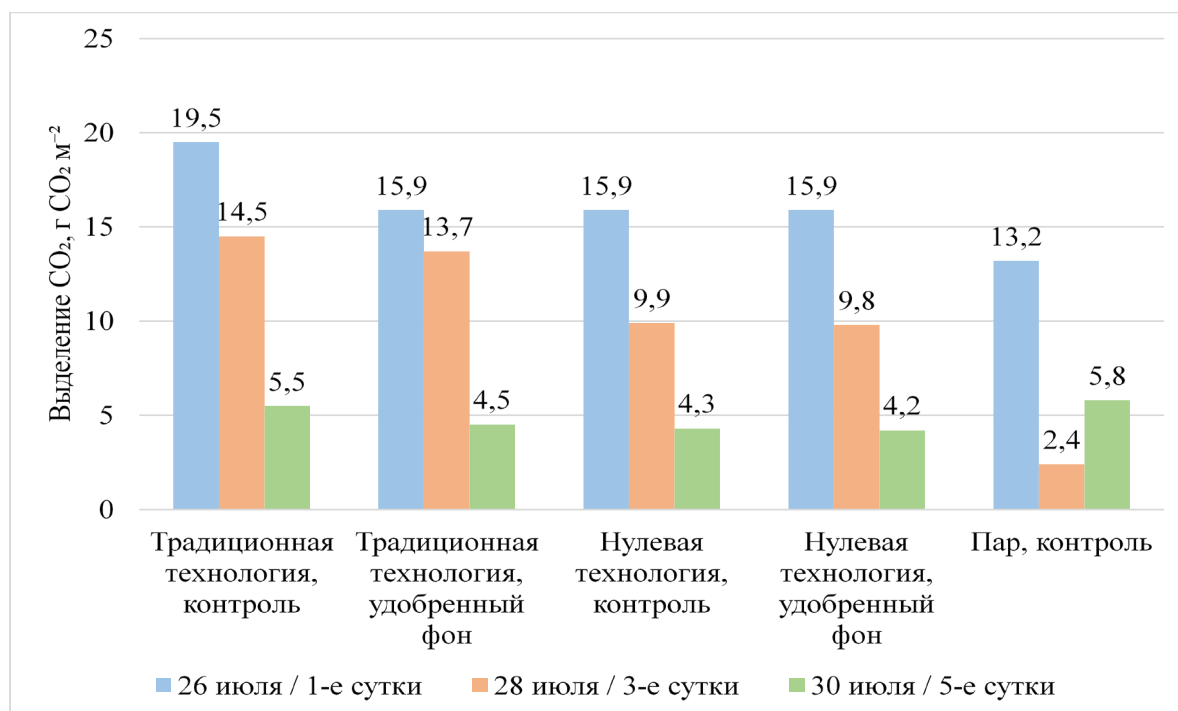


Рисунок 4 – Выделение углекислого газа из почвы в фазу колошения яровой твердой пшеницы, г CO₂/м²

На первый день изучения в фазу колошения твердой пшеницы наибольшая эмиссия CO₂ выявлена на варианте с традиционной обработкой, затем на варианте с нулевой технологией и потом на паровом поле. Данные свидетельствуют о том, что традиционная обработка почвы способствует более высокой активности микроорганизмов даже на более поздней фазе роста сельскохозяйственных растений, тогда как паровые участки продолжают демонстрировать относительно низкую интенсивность дыхания почвы. На удобренных вариантах при традиционной и нулевой обработке эмиссия CO₂ составила 15,9 г CO₂/м², что указывает на перераспределение биологической активности микроорганизмов за счет внесения минеральных удобрений, повышения температуры и снижения доступной влаги в почве.

На третий день интенсивность выделения CO₂ снижается. В контрольной группе традиционная обработка показала наибольшие выбросы CO₂/м², затем нулевая технология, а самые низкие выбросы отмечались на паровом поле. На удобренных участках показатели были аналогичные с неудобренными фонами. Данные изменения отражают постепенное снижение активности микроорганизмов по мере расходования легкоразлагаемой органики и стабилизацию почвенного дыхания. Паровые участки продолжают демонстрировать минимальные показатели, что объясняется отсутствием растительного покрова и низкой биологической активностью почвы. По мнению многих учёных интенсивность выделения углекислого газа зависит от дыхания экосистемы и наличия зелёной растительности [5], что объясняет снижение количества диоксида углерода в паровом поле, где эмиссия CO₂ была ниже по сравнению с другими вариантами.

На пятый день наблюдений в фазу колошения твердой пшеницы интенсивность выделения углекислого газа достигла минимальных значений в большинстве вариантов. Снижение эмиссии CO₂ к пятому дню говорит о завершении активной фазы микроорганизмов и стабилизации процессов разложения органического вещества в почве. Интересно отметить, что на паровых участках наблюдается незначительное повышение эмиссии к пятому дню, что может быть связано

с постепенным разложением остатков органики и накоплением продуктов минерализации в связи с более лучшей влагообеспеченностью почвы.

В завершении вегетационного периода (перед уборкой) твердой пшеницы было проведено исследование интенсивности выделения углекислого газа из почвы на всех вариантах была практически одинаковой и варьировала в пределах 2,4-2,7 г $\text{CO}_2/\text{м}^2$. Внесение удобрений несколько повышало интенсивность эмиссии, особенно на традиционно обработанных участках. Эти результаты показывают, что к моменту уборки культуры активность микроорганизмов в почве значительно снизилась, однако удобрения повышают уровень биологической активности почв (рисунок 5).

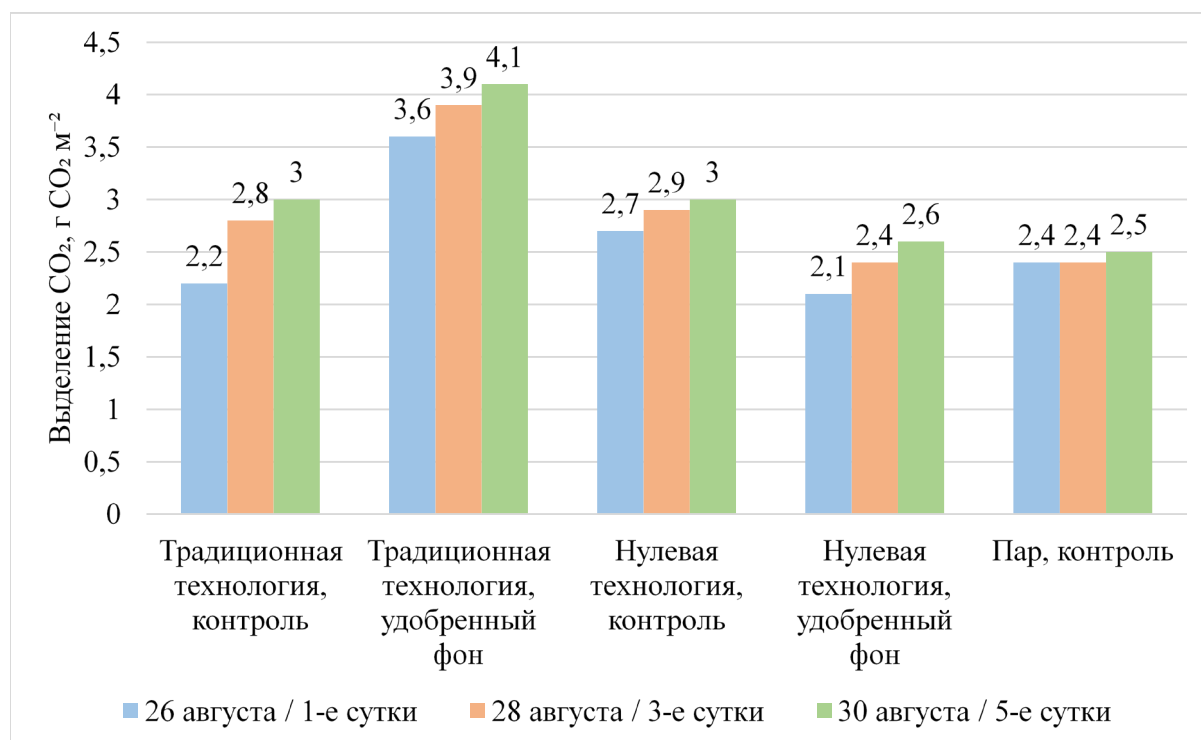


Рисунок 5 – Выделение углекислого газа из почвы перед уборкой твердой пшеницы, г $\text{CO}_2/\text{м}^2$

На третий день наблюдений интенсивность выделения углекислого газа незначительно повышается. Данная величина на варианте с традиционной обработкой почвы была ниже, чем с внесением удобрений, а на нулевой технологии наблюдалась обратная тенденция. Данные свидетельствуют о том, что даже в конце вегетационного периода при традиционной технологии, оставшиеся органические вещества под влиянием минеральных удобрений поддерживают биологическую активность микроорганизмов.

На пятый день наблюдений интенсивность выделения CO_2 оставалась низкой, отражая завершение активной фазы почвенного дыхания. В контрольной группе традиционная и нулевая обработки показали одинаковый уровень – 3,0 г $\text{CO}_2/\text{м}^2$. На участках с удобрениями значения были выше на традиционно обработанном участке и ниже на нулевой технологии. Эти показатели демонстрируют, что в осенний период различия между методами обработки постепенно нивелируются, а активность почвенных микроорганизмов ограничена остатками органического вещества.

По результатам исследований установлено, что способы обработки почвы и удобрения влияют на скорость продуцирования диоксида углерода.

Для выявления характера взаимосвязи между фазами развития яровой пшеницы и уровнем выделения углекислого газа из почвы был выполнен корреляционный анализ средних сезонных показателей (рисунок 6).

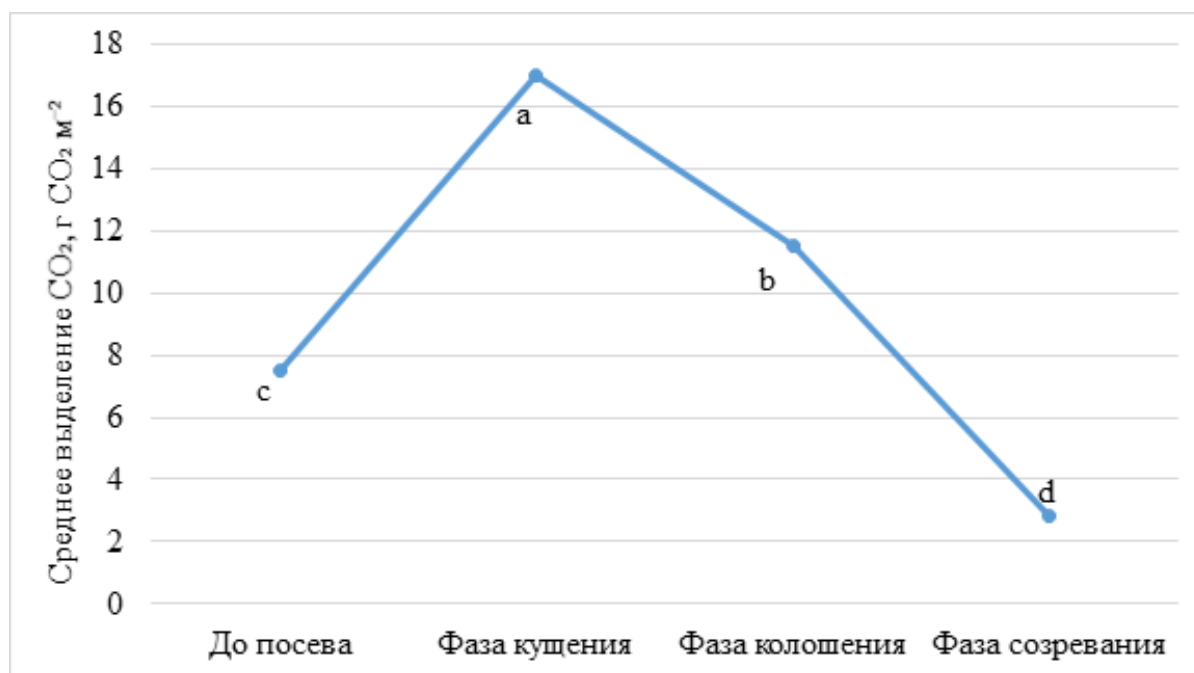


Рисунок 6 – Корреляционная зависимость между фазой вегетации яровой пшеницы и интенсивностью выделения CO₂ из почвы

Расчёт коэффициента Пирсона показал наличие умеренной обратной зависимости ($r = -0,42$) между фазами вегетации и интенсивностью эмиссии CO₂.

Полученный результат указывает на выраженную изменчивость почвенного дыхания в течение вегетационного периода. Наибольшая интенсивность выделения углекислого газа зарегистрирована в фазу кушения, что отражает активизацию микробиологических процессов и минерализацию органического вещества. По мере перехода растений к фазе созревания наблюдается постепенное снижение эмиссии CO₂.

Для выявления взаимосвязи между содержанием гумуса и концентрацией нитратного азота (N-NO₃) в почве был выполнен корреляционный анализ данных, полученных в различные фазы вегетации культуры при традиционной, нулевой технологиях обработки и в условиях пара. Построение корреляционной диаграммы показало, что связь между изучаемыми показателями выражена слабо и характеризуется различиями в зависимости от технологии обработки (рисунок 7).

При традиционной технологии коэффициент корреляции составил $r = 0,08$, что свидетельствует о практически отсутствии линейной зависимости между содержанием гумуса и нитратного азота. Это означает, что изменение гумусного состояния почвы в данном варианте не сопровождается закономерным увеличением или снижением содержания нитратов.

При нулевой технологии обработки выявлена слабая положительная корреляция ($r = 0,21$). Это указывает на тенденцию увеличения концентрации нитратного азота при повышении содержания гумуса, однако данная зависимость выражена незначительно и не носит устойчивого характера.

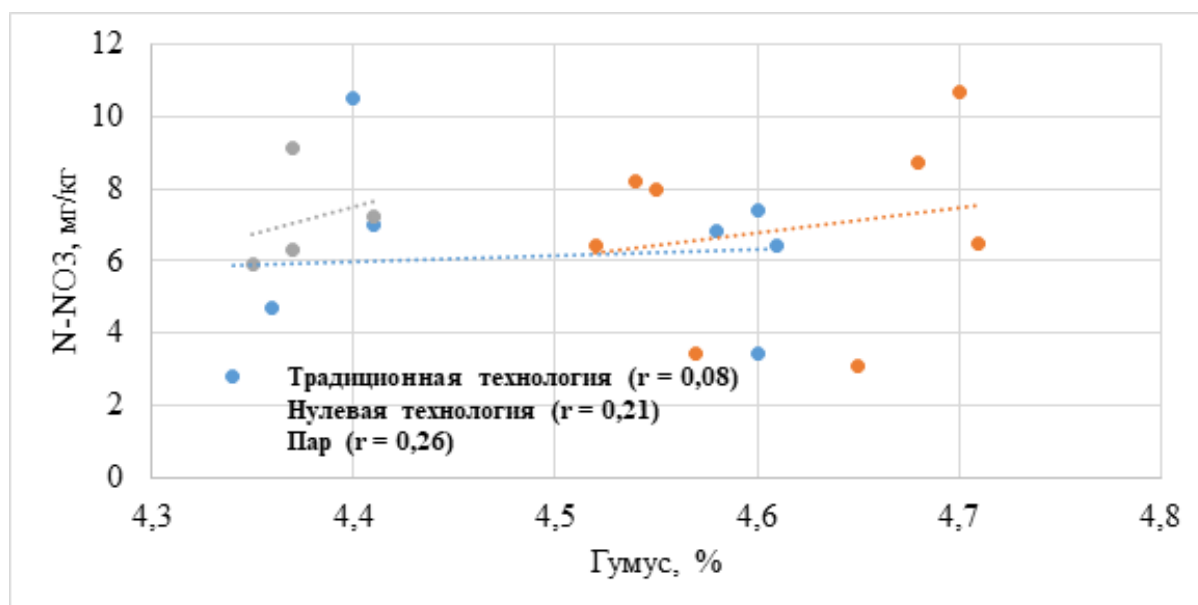


Рисунок 7 – Корреляционная зависимость между содержанием гумуса (%) и нитратного азота (N-NO₃, мг/кг) в почве при различных технологиях обработки

В условиях пара также установлена слабая положительная связь ($r = 0,26$). Вероятно, это связано с тем, что при отсутствии культуры происходит накопление доступных форм азота вследствие минерализации органического вещества и слабого расходования азота растениями.

Обсуждение

Полученные результаты подтверждают, что эмиссия CO₂ из чернозёма обыкновенного Костанайской области формируется под совместным влиянием технологии обработки почвы, фазы развития культуры, наличия растительного покрова, уровня минерального питания и гидротермических условий. В исследовании установлено, что максимальная интенсивность выделения CO₂ наблюдалась в фазу кущения яровой пшеницы, тогда как к фазе созревания показатели существенно снижались. Такая сезонная динамика согласуется с общими закономерностями почвенного дыхания, поскольку в ранние и средние фазы вегетации усиливаются корневое дыхание, активность ризосферной микробиоты и минерализация органического вещества.

Более высокие значения эмиссии CO₂ при традиционной обработке почвы объясняются механическим нарушением почвенной структуры, усилением аэрации и вовлечением растительных остатков в процессы микробного разложения. Это соответствует результатам международных исследований, где показано, что вспашка и интенсивная обработка ускоряют минерализацию органического вещества и повышают поток CO₂ из почвы [18].

Снижение эмиссии CO₂ при нулевой технологии в условиях опыта подтверждает её ресурсосберегающий и углеродосберегающий потенциал. В мета-анализе показано, что обработанные почвы в среднем характеризуются на 21% более высокой эмиссией CO₂ и на 10% меньшим содержанием органического углерода в верхнем слое по сравнению с необработанными почвами [19]. Следовательно, полученные данные по чернозёмам Северного Казахстана находятся в русле мировой научной позиции о том, что минимизация механического воздействия способствует стабилизации углеродного баланса агроэкосистем.

Особое значение имеют результаты по паровому участку. Высокая эмиссия до посева может быть связана с отсутствием растительного покрова, повышенной прогреваемостью поверхности и активной минерализацией доступного органического вещества. Однако в последующие фазы, особенно в период активного роста пшеницы на засеянных вариантах, пар демонстрировал более низкие показатели, что объясняется отсутствием корневого дыхания и меньшей ризосферной активности.

Слабая корреляционная связь между содержанием гумуса и нитратного азота показывает, что краткосрочная эмиссия CO_2 не может быть объяснена только запасами органического вещества или минерального азота. Более существенную роль играют температура, влажность, доступность легкоразлагаемых органических соединений и активность микробного сообщества.

В контексте Северного Казахстана полученные данные особенно важны, поскольку чернозёмы обыкновенные обладают высоким запасом органического вещества и одновременно подвержены риску ускоренной минерализации при интенсивной обработке этих почв.

Таким образом, результаты исследования подтверждают, что традиционная обработка усиливает краткосрочные потери углерода в форме CO_2 , тогда как нулевая технология способствует снижению эмиссии и стабилизации углеродного режима чернозёма.

Заключение

Проведённые исследования показали, что величина и динамика эмиссии углекислого газа из чернозёма обыкновенного Костанайской области в значительной степени определяются системой обработки почвы, фазами развития сельскохозяйственных культур и уровнем минерального питания. В течение всего вегетационного периода наиболее интенсивное выделение CO_2 фиксировалось при традиционной технологии обработки почвы, что обусловлено механическим нарушением почвенной структуры, усилением аэрации и активизацией процессов минерализации органического вещества. В то же время применение нулевой технологии способствует снижению эмиссии углекислого газа и стабилизации углеродного баланса агроэкосистемы.

Выявлена выраженная сезонная динамика почвенного дыхания: максимальные значения эмиссии CO_2 приходятся на фазу кушения, тогда как к периоду созревания культуры интенсивность выделения газа значительно снижается. Паровые участки характеризуются специфическими особенностями: высокими значениями эмиссии в начальный период и минимальными – в фазу активного роста растений, что связано с отсутствием растительного покрова и изменением микробиологической активности почвы.

Корреляционный анализ показал слабую зависимость между содержанием гумуса и нитратного азота, что свидетельствует о второстепенной роли данных показателей в формировании эмиссии CO_2 . В целом полученные результаты подтверждают целесообразность применения ресурсосберегающих технологий, таких как No-Till, для снижения углеродных потерь и повышения экологической устойчивости агроландшафтов Северного Казахстана.

Вклад авторов

ЖА, АК: постановка задачи, разработка методики исследования. СК, ГЗ: анализ данных и написание основной части статьи. ГЗ, ДЕ: проведение полевых исследований, обработка данных, участие в анализе результатов. Все авторы внесли вклад в обсуждение и редактирование рукописи.

Информация о финансировании

Статья выполнена в рамках проекта грантового финансирования МНВО РК на 2024–2026 гг РК AP23489663 «Разработка регулирования углеродного баланса почв агроландшафтов при интенсификации земель в условиях Северного Казахстана».

Список литературы

- 1 Кудрявцев, А.Е., Ваганов, Е.С., Канунников, С.В., Локтионов, В.А. (2024). Факторы, определяющие секвестрацию, депонирование, эмиссию углекислого газа в агроценозах. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*, 1(231), 37–44. DOI:10.30766/2072-9081.2024.25.6.1069-1080.
- 2 Treibhausgasneutrales Deutschland im Jahr 2050 - Hintergrundbericht. (2013). <http://www.uba.de/publikationen/treibhausgasneutrales-deutschland-im-jahr-2050>.
- 3 Әділет. (2023). *Стратегия достижения углеродной нейтральности Республики Казахстан до 2060 года*. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/U2300000121>.

- 4 Franzluebbers, A.J., Doraiswamy, P.C. (2007). Carbon sequestration and land degradation. *Climate and land degradation*, 18, 343–358. DOI:10.1007/978-3-540-72438-4_18.
- 5 Rahman, M.M. (2013). Carbon Dioxide Emission from Soil. *Agricultural Research*, 2(2), 132–139. DOI:10.1007/s40003-013-0061-y.
- 6 Бюллетень ВМО по парниковым газам. (2024). https://mgmtmo.ru/edumat/wmo/ghg-bulletin_9_ru.pdf
- 7 Ларионова, А.А., Курганова, И.Н., Лопес де Гереню, В.О., Золотарева, Б.Н., Евдокимов, И.В., Кудеяров, В.Н. (2010). Эмиссия диоксида углерода из серых лесных почв при изменении климата. *Почвоведение*, 2, 186–195. DOI:10.31857/S0032180X22070085.
- 8 Galic, M., Bilandzija, D., Percin, A., Sestak, I., Mesic, M., Blazinkov, M., Zgorelec, Z. (2019). Effects of Agricultural Practices on Carbon Emission and Soil Health. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 7(3), 539–552. DOI: 10.13044/j.sdewes.d7.0271.
- 9 Асылбаев, И.Г., Мирсаяпов, Р.Р. (2023). Пилотный карбоновый полигон: анализ запасов углерода в почвах сельхозугодий. *Вестник Казанского государственного аграрного университета*, 4(72). DOI:10.31251/pos.v5i2.169.
- 10 Дёмин, Е.А., Миллер, С.С. (2024). Влияние различных способов обработки и температуры почвы на эмиссию углекислого газа в посевах яровой пшеницы в условиях лесостепной зоны Зауралья. *Земледелие*, 4, 13-18. DOI: 10.24412/0044-3913-2024-4-13-18.
- 11 Камышенко, Г.А. (2007). Основные направления сокращения выбросов парниковых газов в сельском хозяйстве. *Экологический вестник*, 3, 79–86.
- 12 Сергалиев, Н.Х., Нагиева, А.Г., Жиенгалиев, А.Т. (2018). Изменение эмиссии диоксида углерода на антропогенно-нарушенных угодьях Западно-Казахстанской области. *Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С.Сейфуллина*, 3(98), 92–101.
- 13 Funakawa, S., Nakamura, I., Akshalov, K., Kosaki, T. (2004). Soil Organic Matter Dynamics under Grain Farming in Northern Kazakhstan. *Soil Science and Plant Nutrition*, 50(8), 1211–1218. DOI:10.1080/00380768.2004.10408596.
- 14 Алманова, Ж.С., Куришбаев, А.К., Жакенова, А.Т., Ержан, Д.Е., Какимбек, И.М., Бодрый, К.В. (2024). Интенсивность выделения CO₂ в период вегетации на черноземах обыкновенных Костанайской области. *Ізденістер, нәтижелер–Исследования, результаты*, 4(104), 101–107. DOI:10.37884/4-2024/10.
- 15 Аринушкина, Е.В. (1970). *Руководство по химическому анализу почв*. М.: Изд-во МГУ, 491.
- 16 Штатнов, В.И. (1952). К методике определения биологической активности почвы. *Доклады ВАСХНИЛ*, 6, 27–33.
- 17 Горбов, С.Н., Васенев, В.И., Минаева, Е.Н., Тагивердиев, С.С., Скрипников, П.Н., Безуглова, О.С. (2023). Краткосрочная динамика эмиссии CO₂ и содержания углерода в городских конструкциях степной зоны. *Почвоведение*, 9, 1103–1115. DOI:10.31857/S0032180X23600282.
- 18 Zapata, D., Rajan, N., Mowrer, J. et al. (2021). Long-term tillage effect on within season variations in soil conditions and respiration from dryland winter wheat and soybean cropping systems. *Sci Rep.*, 11, 2344. DOI:10.1038/s41598-021-80979-1.
- 19 Abdalla, K., Chivenge, P., Ciais, P., and Chaplot, V. (2016). No-tillage lessens soil CO₂ emissions the most under arid and sandy soil conditions: results from a meta-analysis. *Biogeosciences*, 13, 3619–3633. DOI:10.5194/bg-13-3619-2016.

References

- 1 Kudryavcev, A.E., Vaganov, E.S., Kanunnikov, S.V., Loktionov, V.A. (2024). Faktory, opredelyayushchie sekvstratsiyu, deponirovanie, emissiyu uglekislogo gaza v agrocenozah. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 1(231), 37–44. DOI:10.30766/2072-9081.2024.25.6.1069-1080. [in Russ].
- 2 Treibhausgasneutrales Deutschland im Jahr 2050 - Hintergrundbericht. (2026). <http://www.uba.de/publikationen/treibhausgasneutrales-deutschland-im-jahr-2050>.

- 3 Әділет. (2023). *Strategiya dostizheniya uglerodnoj nejtral'nosti Respubliki Kazahstan do 2060 goda*. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/U23000001217>.
- 4 Franzluebbers, A.J., Doraiswamy, P.C. (2007). Carbon sequestration and land degradation. *Climate and land degradation*, 18, 343–358. DOI:10.1007/978-3-540-72438-4_18.
- 5 Rahman, M.M. (2013). Carbon Dioxide Emission from Soil. *Agricultural Research*, 2(2), 132–139. DOI:10.1007/s40003-013-0061-y.
- 6 Byulleten' VMO po parnikovym gazam. (2024). https://mgmtmo.ru/edumat/wmo/ghg-bulletin_9_ru.pdf
- 7 Larionova, A.A., Kurganova, I.N., Lopes de Gerenyu, V.O., Zolotareva, B.N., Evdokimov, I.V., Kudryarov, V.N. (2010). Emissiya dioksida ugleroda iz seryh lesnyh pochv pri izmenenii klimata. *Pochvovedenie*, 2, 186–195. DOI:10.31857/S0032180X22070085. [in Russ].
- 8 Galic, M., Bilandzija, D., Percin, A., Sestak, I., Mesic, M., Blazinkov, M., Zgorelec, Z. (2019). Effects of Agricultural Practices on Carbon Emission and Soil Health. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 7(3), 539–552. DOI: 10.13044/j.sdewes.d7.0271.
- 9 Asylbaev, I.G., Mirsayapov, R.R. (2023). Pilotnyi karbonovyi poligon: analiz zapasov ugleroda v pochvah sel'hozugodii. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 4(72). DOI:10.31251/pos.v5i2.169. [in Russ].
- 10 Dyomin, E.A., Miller, S.S. (2022/2024). Vliyanie razlichnyh sposobov obrabotki i temperatury pochvy na emissiyu uglekislogo gaza v posevah yarovoi pshenicy v usloviyah lesostepnoj zony Zaural'ya. *Zemledelie*, 13-18. DOI: 10.24412/0044-3913-2024-4-13-18. [in Russ].
- 11 Kamyshenko, G.A. (2007). Osnovnye napravleniya sokrashcheniya vybrosov parnikovyyh gazov v sel'skom hozyaistve. *Ekologicheskii vestnik*, 3, 79–86. [in Russ].
- 12 Sergaliev, N.H., Nagieva, A.G., Zhiengaliev, A.T. (2018). Izmenenie emissii dioksida ugleroda na antropogennno-narushennyh ugod'yah Zapadno-Kazahstanskoi oblasti. *Vestnik nauki Kazahskogo agrotekhnicheskogo universiteta im. S. Seifullina*, 3(98), 92–101. [in Russ].
- 13 Funakawa, S., Nakamura, I., Akshalov, K., Kosaki, T. (2004). Soil Organic Matter Dynamics under Grain Farming in Northern Kazakhstan. *Soil Science and Plant Nutrition*, 50(8), 1211–1218. DOI:10.1080/00380768.2004.10408596.
- 14 Almanova, ZH.S., Kurishbaev, A.K., ZHakenova, A.T., Erzhan, D.E., Kakimbek, I.M., Bodryj, K.V. (2024). Intensivnost' vydeleniya SO₂ v period vegetacii na chernozemah obyknovennyh Kostanaiskoi oblasti. *Izdenister, náttjeler–Issledovaniya, rezul'taty*, 4(104), 101–107. DOI:10.37884/4-2024/10. [in Russ].
- 15 Arinushkina, E.V. (1970). *Rukovodstvo po himicheskemu analizu pochv*. M.: Izd-vo MGU, 491. [in Russ].
- 20 Shtatnov, V.I. (1952) K metodike opredeleniya biologicheskoi aktivnosti pochvy. *Doklady VASKHNIL*, 66, 27–33. [in Russ].
- 16 Gorbov, S.N., Vasenev, V.I., Minaeva, E.N., Tagiverdiev, S.S., Skripnikov, P.N., Bezuglova, O.S. (2023). Kratkosrochnaya dinamika emissii SO₂ i sodержaniya ugleroda v gorodskih konstrukciyah stepnoi zony. *Pochvovedenie*, 9, 1103–1115. DOI:10.31857/S0032180X23600282. [in Russ].
- 17 Zapata, D., Rajan, N., Mowrer, J. et al. (2021). Long-term tillage effect on within season variations in soil conditions and respiration from dryland winter wheat and soybean cropping systems. *Sci Rep.*, 11, 2344. DOI:10.1038/s41598-021-80979-1.
- 18 Abdalla, K., Chivenge, P., Ciais, P., and Chaplot, V. (2016). No-tillage lessens soil CO₂ emissions the most under arid and sandy soil conditions: results from a meta-analysis. *Biogeosciences*, 13, 3619–3633. DOI:10.5194/bg-13-3619-2016.

Қостанай облысының кәдімгі қара топырағын өңдеу тәсілдеріне байланысты топырақтан көмірқышқыл газының бөлінуін бағалау

Кенжегулова С.О., Звягин Г.А., Куришбаев А.К., Алманова Ж.С., Ержан Д.

Түйін

Алғышарттар мен мақсат. Ауыл шаруашылығы топырағы көмірқышқыл газының шығарылуының маңызды көзі болып табылады, оның қарқындылығы өңдеу технологиясына, минералды қоректену деңгейіне және топырақтың биологиялық белсенділігіне байланысты. Солтүстік Қазақстан жағдайында әртүрлі агротехнологиялардың көміртегі балансына әсерін зерттеу парниктік газдар шығарындыларын азайту және топырақ құнарлылығын сақтау міндеттеріне байланысты ерекше өзектілікке ие болады. Зерттеудің мақсаты - әртүрлі топырақ өңдеу жүйелері мен минералды қоректену деңгейлеріндегі кәдімгі қара топырақтан CO_2 эмиссиясының динамикасын бағалау.

Материалдар мен әдістер. Зерттеулер 2025 жылы «Қарабалық ауыл шаруашылығы тәжірибе станциясы» ЖШС (Қостанай облысы) базасында жүргізілді. Зерттеу нысаны ретінде ауыр құмбалшықты орташа қалыңдықты кәдімгі қара топырақ алынды. Тәжірибеде топырақты дәстүрлі және нөлдік (No-Till) өңдеу технологиялары минералдық тыңайтқыштарды ($\text{N}_{30}\text{P}_{20}$) енгізу және тыңайтқышсыз жағдайында, сондай-ақ сүрі танапта зерттелді. Топырақтың тыныс алу қарқындылығы жаздық қатты бидайдың вегетациялық кезеңінде Штатнов әдісімен анықталды. CO_2 эмиссиясының маусымдық динамикасы зерттеліп, топырақ көрсеткіштері мен көмірқышқыл газы бөлінуінің қарқындылығы арасындағы корреляциялық байланыстар анықталды.

Нәтижелері. Зерттеу нәтижелері CO_2 эмиссиясы айқын маусымдық өзгергіштікпен сипатталатыны және топырақты өңдеу әдісіне, өсімдіктердің даму фазасына және минералды қоректену деңгейіне байланысты екендігі анықталды. Көмірқышқыл газының ең жоғары бөліну қарқындылығы жаздық бидайдың түптену кезеңінде байқалса, пісіп-жетілу кезеңіне қарай бұл көрсеткіштер айтарлықтай төмендеді. Эмиссияның ең жоғары мәндері дәстүрлі өңдеу технологиясында тіркелді, ал No-Till технологиясын қолдану вегетация бойы көміртек шығындарының төмендеуіне ықпал етті. Минералдық тыңайтқыштарды енгізу көптеген жағдайларда CO_2 бөліну қарқындылығын азайтты. Корреляциялық талдау гумус мөлшері мен нитратты азот құрамының эмиссиямен байланысының әлсіз екенін көрсетті, бұл көмірқышқыл газы ағындарының қалыптасуында гидротермиялық жағдайлар мен топырақтың биологиялық белсенділігінің шешуші рөл атқаратынын дәлелдейді.

Қорытынды. Топырақты өңдеу технологиясы кәдімгі қара топырақтан CO_2 эмиссиясының қарқындылығына елеулі әсер етеді. Нөлдік технологияны қолдану көміртек шығындарын азайтып, агроэкожүйелердің көміртектік тепе-теңдігін тұрақтандыруға мүмкіндік береді. Ал көктемгі кезеңде көміртекстің ең жоғары шығындары сүрі танапта байқалды. Алынған нәтижелер Солтүстік Қазақстан агроландшафттарының экологиялық тұрақтылығын арттыруда және парниктік газдар шығарындыларын қысқартуда ресурсты үнемдейтін технологиялардың жоғары әлеуетін растайды.

Кілт сөздер: эмиссия; көмірқышқыл газы; кәдімгі қара топырақ; органикалық зат; No-Till; дәстүрлі технология.

Assessment of soil carbon dioxide emissions depending on the tillage system of ordinary chernozem in the Kostanay region

Sayagul O. Kenzhegulova, Grigory A. Zvyagin, Akhyllbek K. Kurishbaev
Zhanna S. Almanova, Dilmurat Yerzhan

Abstract

Background and Aim. Agricultural soils are a significant source of carbon dioxide (CO_2) emissions, the intensity of which is influenced by tillage practices, mineral nutrient availability, and soil biological

activity. In Northern Kazakhstan, evaluating the effects of different agricultural technologies on the soil carbon balance has become increasingly important for mitigating greenhouse gas emissions and maintaining soil fertility. The aim of this study was to assess the dynamics of CO₂ emissions from ordinary chernozem under different tillage systems and mineral fertilization regimes.

Materials and Methods. The study was conducted in 2025 at the Karabalyk Agricultural Experimental Station LLP in Kostanay Region, Kazakhstan. The experimental soil was an ordinary medium-depth heavy loam chernozem. Conventional tillage and No-till systems were evaluated under fertilized (N₃₀P₂₀) and unfertilized conditions, as well as on a fallow plot. Soil respiration intensity was measured throughout the growing season of spring durum wheat using the Shtatnov method. Seasonal patterns of CO₂ emissions were analyzed, and correlations between soil properties and carbon dioxide fluxes were assessed.

Results. The results showed pronounced seasonal variability in CO₂ emissions, depending on tillage practice, crop growth stage, and mineral nutrition level. The highest rates of carbon dioxide release were recorded at the tillering stage of spring wheat, whereas a substantial decline was observed at maturity. The highest emission values were associated with conventional tillage, whereas the no-till system reduced carbon losses throughout the growing season. In most cases, mineral fertilization contributed to lower CO₂ emission rates. Correlation analysis revealed only weak relationships between CO₂ emissions and both humus content and nitrate nitrogen concentration, indicating that hydrothermal conditions and soil biological activity play a dominant role in regulating carbon dioxide fluxes.

Conclusion. Soil tillage practice significantly affects CO₂ emissions from ordinary chernozem. The adoption of No-till technology contributes to reduced carbon losses and improves the stability of the carbon balance in agroecosystems. The highest carbon losses were observed on fallow soil during the spring period. These findings highlight the potential of conservation agriculture technologies as an effective approach to improving the environmental sustainability of agricultural landscapes in Northern Kazakhstan and reducing greenhouse gas emissions.

Keywords: gas emissions; carbon dioxide; chernozem; organic matter; No-till; arable soils.

Как цитировать: Омарова, К.М., Шайкенова, К.Х., Шауенов, С.К., Ибраев, Д.К., Сәденова, М.Қ., Мухаметжарова, И.Е. (2026). Анализ качества кормов и оптимизация рационов кормления коз на основе использования цифровой программы «Коралл». *Евразийский агротехнический журнал*, 2(130), 155-167. DOI: [https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2\(130\).2239](https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2(130).2239)

УДК 636.39:636.084:004.9(045)

Исследовательская статья

Анализ качества кормов и оптимизация рационов кормления коз на основе использования цифровой программы «Коралл»

Омарова К.М. , Шайкенова К.Х. , Шауенов С.К. , Ибраев Д.К. 
Сәденова М.Қ. , Мухаметжарова И.Е. 

Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина
Астана, Казахстан

Автор-корреспондент: Омарова К.М.: k.omarova@kazatu.edu.kz

Соавторы: (1: КШ) kshaikenovah@gmail.com; (2: СШ) shauenovs@mail.ru
(3: ДИ) d.ibrayev@kazatu.edu.kz; (4: МС) m.sadenova@kazatu.edu.kz
(5: ИМ) i.mukhametzhharova@kazatu.edu.kz

Получено: 14.05.2026 **Принято:** 29.06.2026 **Опубликовано:** 30.06.2026

Авторские права: Омарова К.М. и др. Данная статья размещена в открытом доступе и распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Аннотация

Предпосылки и цель. Одной из основных проблем практического козоводства является недостаточная сбалансированность рационов по энергии, протеину, аминокислотам, макро- и микроэлементам, что обусловлено изменчивостью химического состава кормов, сезонностью кормовой базы и ограниченным использованием современных методов анализа и цифровых технологий при составлении рационов. Несоответствие рационов физиологическим потребностям животных приводит к снижению продуктивности, ухудшению воспроизводительных качеств, замедлению роста молодняка и увеличению затрат кормов на единицу продукции.

Также предпосылкой исследования стало активное внедрение цифровых технологий в животноводство, позволяющих автоматизировать процессы оценки качества кормов и балансирования рационов. Использование специализированных программ, создаёт возможности для более точного расчёта потребности животных в питательных веществах, оперативной корректировки рационов и повышения эффективности использования кормовых ресурсов.

Цель исследования – анализ качества химического состава и питательной ценности кормов, используемых в хозяйствах, а также анализ рационов для коз различных половозрастных групп с применением специализированного программного обеспечения.

Материалы и методы. Научно-исследовательская работа проводилась в хозяйстве ТОО «Агрофирма Акжар Өндіріс» (Павлодарская область, Майский район). Для изучения кормовой базы были отобраны образцы основных кормов, используемых в хозяйстве. В период исследования проведён анализ кормовой базы, включающий определение содержания сухого вещества, сырого протеина, жира, клетчатки, обменной энергии, макро- и микроэлементов. На основе полученных данных с использованием программы «Коралл» были анализированы и составлены рационы кормления коз, соответствующие физиологическим потребностям животных.

Результаты. На основе лабораторных данных в цифровой программе «Коралл» проведён анализ рационов кормления козлов-производителей, козочек и молодняка. Установлено, что рационы в целом соответствуют потребностям животных по обменной энергии, однако выявлен дефицит отдельных микроэлементов (Cu, Zn, Co, I) и витаминов А, D, Е. Для оптимизации кормления рекомендовано использование минерально-витаминных премиксов. Применение

программы «Коралл» позволило повысить точность оценки рационов и так будет способствовать по разработке рекомендации по улучшению продуктивности и эффективности кормления коз.

Заключение. Результаты исследования показали, что применение цифровых методов расчёта рационов кормления позволяет повысить точность балансирования рационов по обменной энергии, протеину, аминокислотам и другим питательным веществам, что способствует улучшению их усвояемости, более эффективному использованию кормов коз.

Ключевые слова: козоводство; качество кормов; минерально-витаминные премиксы; рационы кормления; цифровые технологии; программа «Коралл».

Введение

Кормление животных играет ключевую роль при разведении, поскольку затраты на корма составляют до 50–80% общей себестоимости продукции [1]. В связи с этим, анализ и оптимизация кормления животных, в том числе коз является важнейшим фактором повышения рентабельности отрасли.

Рациональное кормление коз оказывает прямое влияние на рост, молочную продуктивность, воспроизводительные качества и общее физиологическое состояние [2]. По данным автора *P. Morand-Fehr*, питание является наиболее управляемым фактором в отрасли козоводства, существенно влияющим на продуктивность и качество продукции [3]. При этом, эффективность кормления во многом зависит от точной оценки питательной ценности кормов и правильного балансирования рационов по энергии, протеину, аминокислотам, витаминам и минеральным веществам.

Современные исследования показывают, что потребность коз в питательных веществах существенно варьирует в зависимости от возраста, физиологического состояния и уровня продуктивности [4]. Недостаточное или несбалансированное кормление животных приводит к снижению продуктивности, ухудшению воспроизводительных показателей и увеличению затрат кормов на единицу продукции. Кроме того, в условиях практического хозяйства часто наблюдается недостаточная точность расчёта рационов, связанная с вариабельностью качества кормов и ограниченным использованием современных методов анализа.

В последние годы в животноводстве активно внедряются цифровые технологии, направленные на повышение точности и эффективности управления кормлением. Использование специализированных программных комплексов, таких как «Коралл», позволяет учитывать химический состав кормов, физиологические потребности животных и оптимизировать рационы с учётом производственных условий. Тем не менее, вопросы практического применения цифровых систем кормления в козоводстве остаются недостаточно изученными, особенно в условиях конкретных хозяйств и регионов.

Таким образом, возникает необходимость проведения комплексных исследований, направленных на анализ качества кормов и проведение анализа рационов кормления для различных половозрастных групп коз с использованием современных цифровых инструментов. Целью исследования являлась оценка химического состава и питательной ценности кормов, используемых в хозяйствах, а также анализировать и оптимизировать сбалансированных рационов для коз различных половозрастных групп и физиологических состояний (козлята, ремонтный молодняк, суягные и лактирующие матки, козлы-производители) с применением специализированного программного обеспечения «Коралл». Практическая значимость научного исследования заключается в возможности внедрения цифровых технологий кормления в производственные условия, что обеспечивает рациональное использование кормовых ресурсов, снижение затрат на кормление и повышение рентабельности козоводства.

Материалы и методы

Научно-исследовательская работа проводилась в хозяйстве ТОО «Агрофирма Акжар Өндіріс» (Павлодарская область, Майский район), где поголовье коз составляет более 6000 голов. В хозяйстве разводят коз горно-алтайской породы, отличающихся высокой пуховой и молочной продуктивностью, хорошей приспособленностью к пастбищному содержанию и устойчивостью к климатическим условиям региона.

Исследования были направлены на анализ качества используемых кормов, и оптимизацию рационов кормления коз различных половозрастных групп с применением цифровой программы «Коралл».

Условия содержания животных в хозяйстве соответствовали традиционной технологии региона: в течение 8–10 месяцев козы находились на пастбищах, а в зимний период получали грубые и концентрированные корма.

Для изучения кормовой базы были отобраны образцы основных кормов, используемых в хозяйстве. Определение их химического состава проводилось в аккредитованной лаборатории Совместной Казахстанско-Китайской лаборатории по биологической безопасности, в отделе Зоотехнического анализа кормов и молока Агротехнопарка НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина» (КАТИУ им. С. Сейфуллина) с использованием современного экспресс-анализатора FOSS NIRS DS2500, обеспечивающего высокую точность и оперативность анализа.

Отбор образцов осуществлялся в соответствии с общепринятыми зоотехническими методиками и нормативными документами [5]. Пробы брались из различных партий кормов с целью получения усреднённой выборки, отражающей фактическое качество и состав кормовой базы.

Все пробы доставлялись в лабораторию в герметичных пакетиках с сохранением исходных свойств. Анализ проводился в течение 24 часов после отбора, что позволило минимизировать искажения, связанные с хранением.

На основании полученных данных с использованием цифровой программы «Коралл» были анализированы и составлены сбалансированные рационы кормления для всех половозрастных групп коз с учётом их физиологических потребностей и продуктивности.

Обработка полученных экспериментальных данных проводилась в Институте науки о животных и ветеринарии КАТИУ им. С. Сейфуллина с использованием программного пакета Microsoft Office.

Результаты

Кормление является одним из важнейших факторов, определяющих уровень продуктивности, здоровье и воспроизводительные качества коз. Для обеспечения полноценного питания необходимо учитывать химический состав кормов, их питательность и физиологические потребности животных на разных стадиях развития. В этой связи, особую актуальность приобретает проведение анализа качества кормов и разработка рационов, сбалансированных по основным питательным веществам [6, 7, 8].

Химический состав кормов был определен в аккредитованной лаборатории Совместной Казахстанско-Китайской лаборатории по биологической безопасности в отделе Зоотехнического анализа кормов и молока Агротехнопарка КАТИУ им. С. Сейфуллина.

Результаты анализа химического состава кормов, показаны в таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1 – Химический анализ кормов хозяйства, %

№	Название корма	Влажность	Сухое вещество	протеин	жир	Клетчатка	зола	Каротин, мг	сахар	крахмал	кальций	фосфор	ОЭ, МДж/кг	NDF	ADF
1	Луговое Сено	15,2	84,8	10,3	2,5	32,5	9,58	15,2	4,65	-	1,15	-	8,0	60	38
2	Сено	14,4	85,6	9,3	2,6	33,4	10,1	8,2	4,05	13,1	0,96	-	7,8	62	40
3	Степная трава	77,5	22,5	8,06	2,7	31,4	10,4	32,7	2,28	0,77	1,02	-	9,5	52	30
4	Пастб. разнот	80,8	19,2	14,6	2,4	30,7	11,8	35,6	15,0	1,5	1,5	-	9,5	50	32
5	Овес	12,4	87,6	13,1	2,4	7,66	3,0	-	1,5	45,9	0,09	0,28	13,0	20	6,5
6	Овес + пшено	9,4	90,6	12,9	3,1	6,99	2,8	-	1,6	50,47	0,07	0,23	13,0	20	7
7	Овес+подсолнух зерно	10,3	89,7	11,5	2,8	7,97	2,6	-	1,2	47,5	0,06	0,21	12,5	22	8

Проведённый анализ химического состава кормов показал, что грубые корма (сено, пастбищная трава) содержат значительное количество клетчатки до 35% и каротина до 21,5 мг, что играет важную роль в нормализации обменных процессов и поддержании стабильной работы пищеварительной системы коз. Концентрированные корма (овёс, смеси овса с просом и подсолнечником) характеризуются повышенным уровнем протеина до 14,5% и крахмала до 51,6%, являясь основным источником энергии для животных.

Рациональное сочетание объёмистых и концентрированных кормов позволяет сбалансировать рацион по основным питательным веществам, что способствует повышению удоев, улучшению качественных показателей молока и ускоренному росту молодняка.

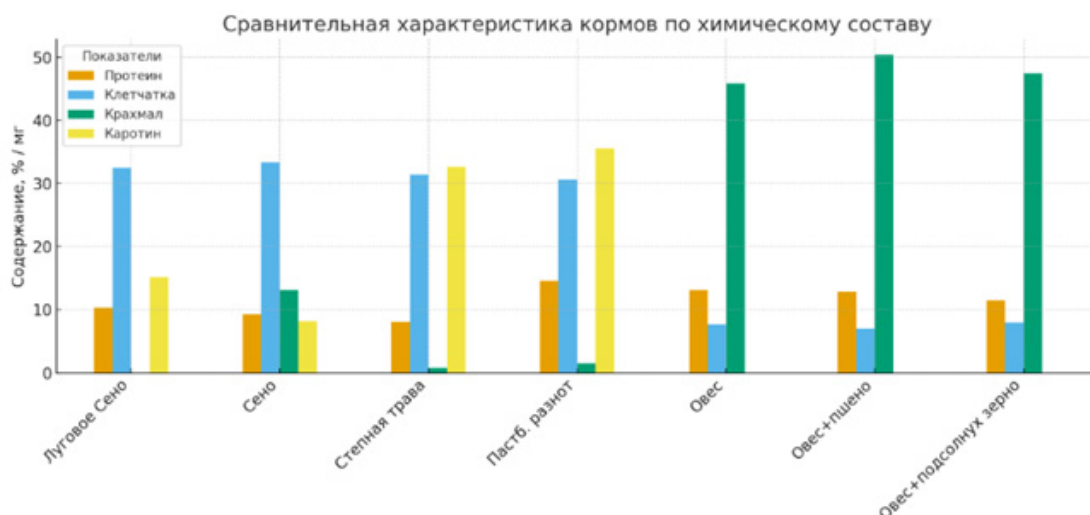


Рисунок 1 – Сравнительный химический состав основных кормов, используемых в рационах коз

На основе проведённого анализа анализируются и корректируются рационы кормления для всех половозрастных групп коз с использованием программы «Коралл», интерфейс программы приведён на рисунке 2.

Программа «Коралл – Кормление коз» представляет собой специализированный программный комплекс для оптимизации и анализа рационов кормления, комбикормов и премиксов. Программное обеспечение разработано авторским коллективом под руководством профессора *Лукиянова Б.В.* [11] и предназначено для расчёта сбалансированных рационов с учётом физиологического состояния, продуктивности и возрастных особенностей животных.

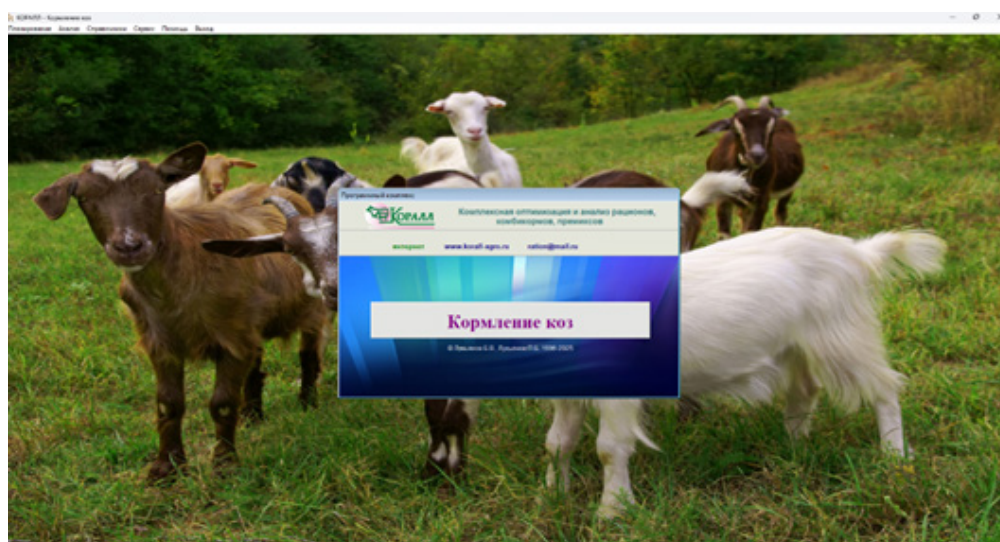


Рисунок 2 – Главный интерфейс программы «Коралл – Кормление коз»

Система позволяет проводить автоматизированный анализ химического состава кормов, определять энергетическую и питательную ценность рационов, балансировать их по основным питательным веществам (обменной энергии, протеину, клетчатке, макро- и микроэлементам, витаминам).

В программе предусмотрено разделение коз по половозрастным группам (взрослые козы, ремонтный молодняк, козлы-производители, козлята различных возрастов). Это позволяет автоматически подбирать физиологически обоснованные рационы кормления с учетом возраста, живой массы, продуктивности и физиологического состояния животных. Использование системы обеспечивает точный расчет потребности в питательных веществах, автоматизацию процесса составления рационов и повышение эффективности кормления коз.

Программа учитывает живую массу, возраст, физиологическое состояние коз, уровень продуктивности, а также питательную ценность доступных кормов. На основе введенных данных формируются сбалансированные рационы, оптимизированные по протеину, энергии, клетчатке, минеральным веществам и витаминам.

Использование программы «Коралл» обеспечивает высокую точность расчётов, сокращает время на составление рационов и позволяет оперативно корректировать кормление в зависимости от качества кормов и уровня продуктивности коз. Внедрение данного цифрового инструмента способствует повышению эффективности кормопроизводства, улучшению продуктивности коз и в целом снижению себестоимости продукции козоводства.

На основе лабораторного анализа кормов и с использованием программы «Коралл» были анализированы рационы различных половозрастных коз.

В начале исследования был analyzed рацион кормления для козла-производителя, который приведён на рисунке 3.

Наименование	мин, кг	Расчет, %	Расчет, масса	макс, кг	Стоимость	МДж
Зерно овса	0.500	19.257	598.620 г	1.000	3.35	5.51
Сено луговое	1.000	32.169	1.000 кг	3.000	1.10	6.85
Соль поваренная	0.010	0.322	10.000 г	0.015	0.04	
Трава лугов и пастбищ искусственного пастбища	1.500	48.253	1.500 кг	3.000	0.90	4.50
Витамин D		0.000	9.914 мкг		0.00	
Железо						
Йод						
Каротин						
Кобальт		0.000	174.434 мкг		0.00	
Магний						
Марганец						
Медь		0.000	1.731 мкг		0.00	
Цинк						
Влажность 39.90 %						
Масса 3.109 кг						
Итого 5.389 руб						

Рисунок 3 – Рацион кормления козла-производителя горно-алтайской породы живой массой 68 кг в программе «Коралл»

Рацион козла-производителя горно-алтайской породы живой массой 68 кг, составленный в программе «Коралл», обеспечивает коз энергией и основными питательными веществами. Проведённый расчёт рациона для коз показал, что его общая масса составляет 3,11 кг при влажности 39,9%, а энергетическая ценность достигает 5,51 МДж обменной энергии, что

соответствует рекомендуемым нормам кормления коз средней упитанности 5,5–6,0 МДж ОЭ/сутки [6, 13]. Содержание поваренной соли (10 г/гол./сут.) отвечает физиологической потребности (8–12 г). Вместе с тем, по программе выявлен дефицит отдельных компонентов в рационе: уровень витамина D – 9,9 мкг при норме 17–25 мкг/сут., меди в составе рациона составил – 1,73 мг при норме 8–10 мг/кг СВ и пограничное содержание кобальта $\approx 0,17$ мг при норме 0,2–0,3 мг/кг СВ. Для обеспечения полноценного минерально-витаминного питания по выявлению программы рекомендуется введение премиксов, содержащих витамин D, медь и кобальт, а также контроль соотношения кальция и фосфора (Ca:P = 1,5–2:1) при высоком удельном весе грубых кормов в рационе. Для полноценного репродуктивного использования поголовья по программе рекомендуется оптимизировать рацион, увеличив долю высококачественного сена, и введя минерально-витаминные добавки (витамин D, медь, кобальт) в соответствии с нормами кормления коз (ВИЖ, 2018; NRC, 2007) [7, 8]. В период случной кампании целесообразно дополнительно вводить в рацион морковь как источник каротина и витаминов, а также куриные яйца как высокобелковый и богатый биологически активными веществами кормовой компонент для повышения репродуктивной функции козлов-производителей.

Также по программе «Коралл» проведена оценка рациона кормления козотатки, для чего в программу были внесены данные о живой массе животного, физиологическом состоянии, уровне продуктивности, а также сведения о составе и количестве используемых кормов в хозяйстве (рисунок 4).

Наименование	мин. кг	Расчет. %	Расчет. масса	макс. кг	Стоимость	МДж
Зерно овса	0.300	12.987	300.000 г	0.400	1.68	2.76
Сено луговое	1.000	43.290	1.000 кг	1.500	1.10	6.85
Соль поваренная	0.010	0.433	10.000 г	0.015	0.04	
Трава злаково-разнотравного степного луга	1.000	43.290	1.000 кг	3.000	0.30	3.23
Витамин D		0.000	11.149 мкг		0.00	
Железо		0.000	20.000 мкг		0.00	
Йод		0.000	89.000 мкг		0.00	
Каротин		0.000			0.00	
Кобальт		0.000			0.00	
Медь		0.000	2.130 мг		0.00	
Цинк		0.000	7.250 мг		0.00	

Влажность 34.98 % Масса 2.310 кг Итого 3.118 руб

Рисунок 4 – Рацион кормления взрослой козотатки с живой массой в среднем 44 кг

По программе выявлено, что рацион кормления козотатки общей массой 4,59 кг обеспечивает коз достаточным количеством обменной энергии – 24,9 МДж, что соответствует повышенной потребности в период лактации. Виды кормов включают зерно овса, луговое сено, пастбищную траву и поваренную соль, обеспечивая хорошее сочетание концентратов и объёмистых кормов. Однако, в составе рациона по программе выявлен дефицит микроэлементов таких как йод, медь, цинк, частично кобальт и витаминов А и Е, что может отрицательно сказаться на продуктивности и репродуктивных функциях коз. Для оптимизации рациона был рекомендован использование минерально-витаминных премиксов, а также контроль протеинового баланса. В целом, рацион энергетически полноценен, но по программе также требовалась корректировка по минерально-витаминному обеспечению (рисунок 5).

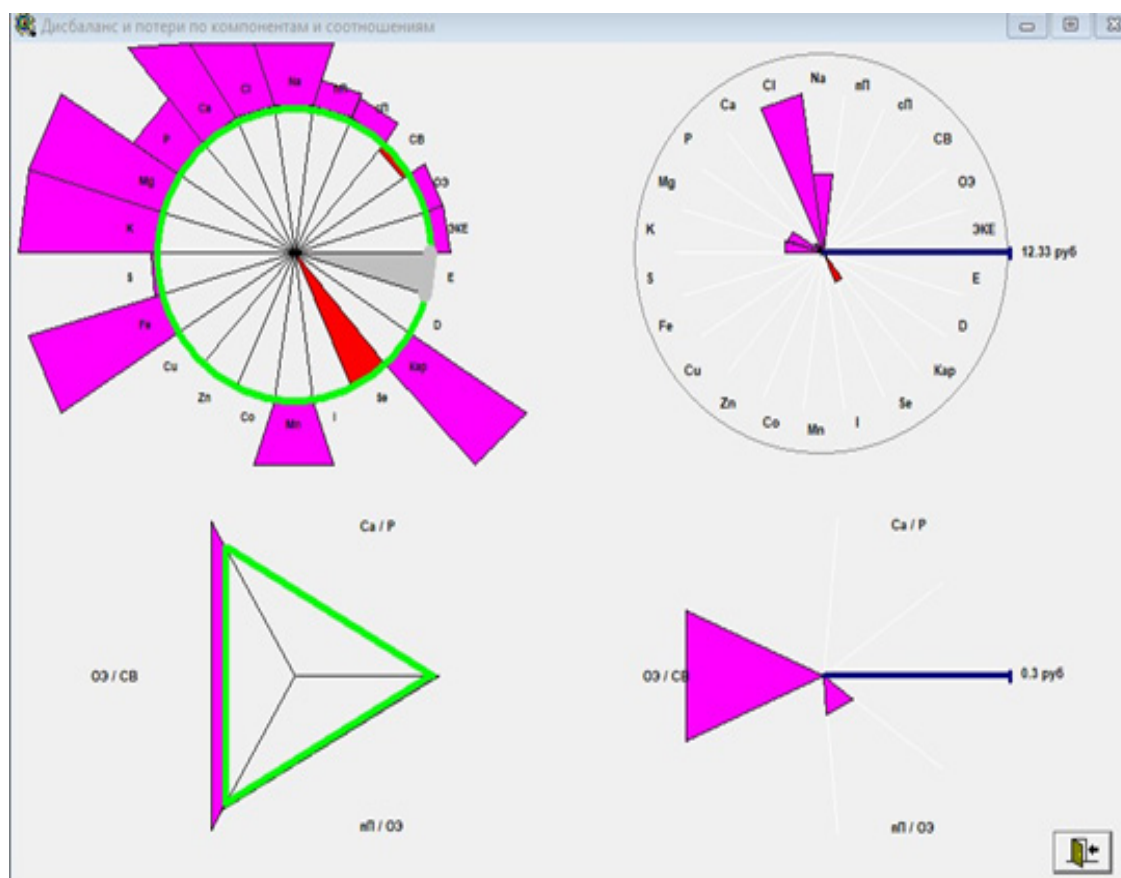


Рисунок 5 – Дисбаланс минералов и соотношение Са:Р в рационе козотатки

По данной программе рацион кормления козотаток имеет достаточный уровень энергии, но были показаны выраженные дисбалансы по минеральным веществам и соотношение Са:Р. Рацион кормления козы энергетически богат, но имеет явный избыток соли и недостаток кальций-фосфорного и протеинового обеспечения – нужно выровнять Са:Р и белок/энергия для стабильной молочности и профилактики ацидоза и кетоза.

После выявления недостатков некоторых компонентов по рационам коз было рекомендовано скорректировать минерально-витаминное питание за счёт введения специализированных премиксов, содержащих йод, медь, цинк и кобальт, для предотвращения дефицитов и поддержания обменных процессов. Также, была выявлена необходимость дополнить рацион витаминами А и Е, особенно в лактационный период, чтобы улучшить продуктивность. Кроме того, также важно контролировать баланс энергии и переваримого протеина, так как он напрямую влияет на молочную продуктивность и здоровье коз.

Кроме того, был проанализирован рацион кормления молодняка с использованием программы «Коралл» (рисунок 6).

Макс. сбалансированность, время расчета 0.09 сек

Результат Семейство

Козы пуховые
Козлики

Исходный набор Рецепт Рецепт по группам

Наименование	мен. кг	Расчет, %	Расчет, масса	макс. кг	Стоимость	МДж
Зерно овса	0.300	19.778	500.000 г	0.500	2.90	4.60
Сено луговое	0.500	20.490	518.000 г	1.000	0.57	3.50
Соль поваренная	0.010	0.396	10.000 г	0.015	0.04	
Трава злаково-разнотравного степного луга	1.000	59.335	1.500 кг	1.500	0.45	4.85
Витамин D		0.000	11.277 мкг		0.00	
Железо						
Йод		0.000	77.800 мкг		0.00	
Каротин						
Кобальт		0.000	353.182 мкг		0.00	
Магний						
Марганец						
Медь		0.000	2.899 мкг		0.00	
Цинк		0.001	29.790 мкг		0.00	

Влажность 42.49 % Масса 2.528 кг Итого 3.861 руб

Сохранить Сбалансированность Питательность Компонент Эффективность

Рисунок 6 – Рацион кормления молодняка коз с живой массой 36 кг

По анализу рацион кормления молодняка коз состоит преимущественно из лугового сена (20,49%) и травяной массы злаково-разнотравного степного луга (59,35%), что обеспечивает основу структурной клетчатки, соответствует по нормам корма. Согласно данным программы, в структуре рациона доля овса составляет 19,77%, как источник быстроусвояемой энергии и крахмала, способствующий повышению энергетической ценности рациона до 4,60 МДж, что соответствует минимальному уровню для молодняка в физиологическом покое.

В рационе кормления молодняка был минеральный источник, как поваренная соль (0,396%), выполняющая роль регулятора водно-солевого обмена и стимулирующая поедаемость корма. Однако, по содержанию микроэлементов (Fe, Zn, Cu, Co) отмечается недостаточность, что подтверждается нулевыми значениями по железу и меди и минимальными – по цинку и кобальту. Такое соотношение может приводить к субклинической микроэлементной недостаточности, снижению иммунного статуса и репродуктивных функций.

Также, выявлено недостаточное содержание каротина и витамина D. Каротин – следовой уровень, витамин D = 0, что требует включения минерально-витаминной добавки (премикс) промышленного производства, адаптированной для коз. При массе суточного рациона 2,528 кг и влажности 42,49% фактическая сухая масса составляет порядка 1,45 кг, что соответствует нормам по сухому веществу, однако энергетическая плотность ниже рекомендованной для высокопродуктивных коз -5,2–5,6 МДж.

Рацион кормления молодняка коз содержит количество структурной клетчатки, соответствующее рекомендуемым нормам кормления, однако дефицит энергии и микроэлементного обеспечения указывает на необходимость включения минерально-витаминного премикса, содержащего Cu, Zn, Co, Fe, а также витамины A, D и E, а также коррекции структуры рациона путём увеличения доли концентрированных кормов (овёс, ячмень, комбикорм) до 25–28 % от сухого вещества. В дальнейшем будет продолжено исследования по применению разработанного рациона кормления коз, оптимизированного с использованием цифровой программы «Коралл». Будет проведена оценка его влияния на продуктивность животных, включая показатели живой массы, молочности, воспроизводительных качеств и физиологического состояния коз. Разработанные рационы соответствуют потребностям молодняка коз в основных питательных веществах и могут быть рекомендованы для практического использования. Оценка их влияния

на показатели продуктивности животных требует проведения дальнейших экспериментальных исследований.

Обсуждение

Проведённый в нашем исследовании установлено, что грубые корма характеризуются высоким содержанием клетчатки и каротина, это совпадает с наблюдениями других авторов: ряд работ показывает, что тип основного корма (пастбище / сено) заметно определяет содержание витаминов и каротиноидов в козьем молоке. В частности, Laurent и др. отмечают, что концентрации витаминов и каротиноидов в молоке, в первую очередь, зависят от преобладающего корма в рационе (forage), что коррелирует с показателями каротина [9].

В наших данных концентраты содержат более высокий протеин и крахмал и служат основным энергетическим ресурсом и согласуются с многочисленными исследованиями, демонстрирующими, что увеличение доли концентратов в рационе повышает энергетическую обеспеченность животных, что часто ведёт к повышению молочной продуктивности и протеиновой продуктивности молока. Это подтверждается работами некоторых ученых по влиянию уровня концентратов на состав молока [10].

Проведённый анализ рациона показал недостаточную обеспеченность животных каротином и витамином D: содержание каротина определялось на следовом уровне, а витамин D отсутствовал полностью. Дефицит данных витаминов может отрицательно влиять на обмен веществ, состояние иммунной системы, репродуктивную функцию и эффективность использования питательных веществ организмом коз. В связи с этим возникает необходимость включения в рацион специализированных минерально-витаминных добавок (премиксов), адаптированных для коз молочного направления продуктивности. Аналогичные выводы представлены в работах Morand-Fehr (2005), где отмечается, что витаминно-минеральное обеспечение является одним из ключевых факторов поддержания здоровья и продуктивности коз, особенно в интенсивных системах производства [14].

Заключение

Комплексный анализ кормов хозяйства, выполненный в аккредитованной лаборатории с использованием экспресс-анализатора FOSS (FORS) DS 2500 и соблюдением регламентов ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 / ГОСТ ISO 6497:2014, обеспечил объективную оценку питательной ценности фактически используемых кормов. Установлено, что грубые корма характеризуются высоким уровнем клетчатки и каротиноидов (важно для стабильной работы рубца и витаминного статуса), тогда как концентраты (овёс и зерносмеси) формируют основной вклад в энергию и сырой протеин (крахмал до ~50%), что позволяет гибко балансировать рационы в зависимости от физиологических требований групп коз.

На основе лабораторных данных в цифровой системе «Коралл» анализированы рационы кормления козлов-производителей, козوماتок и молодняка. Установлено, что по обменной энергии рационы кормления соответствуют физиологическим потребностям групп, однако выявлены системные дефициты микроэлементов (Cu, Zn, Co, I) и витаминов A, D, E, а также неустойчивость соотношения Ca:P при высоком удельном весе объёмистых кормов. Рацион кормления для козла-производителя живой массы – 68 кг, в рационе энергетическая обеспеченность соответствует рекомендуемым нормам, но зафиксирован недостаток витамина D и меди; для козوماتок в лактационный период рацион энергетически полноценен, однако требует минерализации и витаминной поддержки; для молодняка при достаточном уровне структурной клетчатки отмечен дефицит энергонасыщенности и микроэлементов, ограничивающий темпы роста. В рацион кормления рекомендуется включить минерально-витаминный премикс для коз с доведением уровней Cu, Zn, Co, I, Se и витаминов A, D, E до нормы; дозировка – 20–30 г/гол/сут (или 1,0–1,5% от массы концентрата). В целом, по результатам анализа на программе Коралл были даны рекомендации по оптимизации рациона с целью повышения эффективности кормления и продуктивности коз.

Вклад авторов

КО: разработала концепцию и структуру работы, определение и постановка цели, разработка методологии исследования. КШ, СШ: общий надзор за исследованием, участие в анализе данных, корректировка и вычитка. ДИ: анализ данных в специализированной программе «Коралл», корректировка и вычитка. МС: сбор и обработка данных, участие в анализе данных. ИМ: всесторонний поиск литературы, участие в анализе данных, корректировка, вычитка.

Все авторы прочитали, просмотрели и одобрили окончательную редакцию рукописи.

Информация о финансировании

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках грантового финансирования на 2024-2026 годы проекта AP23489140 «Трансферт инновационных технологий и внедрение эффективных способов производства продукции козоводства».

Список литературы

- 1 Mahgoub, O., Nur El Huda, I.E. Osman, Christopher, D.Lu. (2025). Nutrient Utilization and Requirements in Sheep and Goats Raised Under Different Systems and Fed Low Nutritional Novel Feeds for Meat Production. *Animals*, 15: 2658, 1–24. DOI: 10.3390/ani15182658.
- 2 Омарова, Қ.М., Сәденова, М.Қ., Шәуенов, С.Қ. (2021). Ақмола облысында өсірілетін заанен ешкілерінің сүт өнімділігіне азықтандырудың әсерін анықтау. *Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С.Сейфуллина (междисциплинарный)*, 4 (111), 4–12.
- 3 Morand-Fehr, P. (2005). Recent developments in goat nutrition and application: A review. *Small Ruminant Research*, 60(1-2), 25–43. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2005.06.004.
- 4 Nipane, S.F., Roupesh, G., Kawitkar, S.B., Dhok, A.P., Jawale, M.R., Chopde, S.V., Lende, S.R. (2023). Nutritional Strategy in Goat. *Indian Journal of Livestock and Veterinary Research*, 3(1), 144-157.
- 5 Межгосударственный стандарт ГОСТ 6497-2014. Корма. Отбор проб. (2014).
- 6 СТ РК ИСО 6497-2011 – Корма для животных. Отбор проб. (2011).
- 7 Shi, Y., Qi, Y., Liu, Y., Rong, Y., Ao, X., Zhang, M., Xia, Q., Zhang, Y., Wang, R. (2024). Study of the Influence of Non-Genetic Factors on the Growth and Development Traits and Cashmere Production Traits of Inner Mongolia White Cashmere Goats (Erlangshan Type). *Vet Sci.*, 11(7), 308. DOI:10.3390/vetsci11070308.
- 8 Berckmans, D. (2017). General introduction to precision livestock farming. *Animal Frontiers*, 7, 6–11.
- 9 Cadero, A., Aubry, A., Dourmad, J.Y., Salaün, Y., Garcia-Launay, F. (2018). Towards a decision support tool with an individual-based model of a pig fattening unit. *Computers and Electronics in Agriculture*, 147, 44–50.
- 10 Lima, E., Hopkins, T., Gurney, E., Shortall, O., Lovatt, F., Davies, P., Williamson, G., Kaler, J. (2018). Drivers for precision livestock technology adoption: A study of factors associated with adoption of electronic identification technology by commercial sheep farmers in England and Wales. *Plos One*, 13.
- 11 Otaru, S.M., Adamu, A.M., Ehoche, O.W. (2020). Influence of levels of supplementary concentrate mixture on lactation performance of Red Sokoto does and the pre-weaning growth rate of their kids. *Veterinary and Animal Science*, 10:100137, 1–12.
- 12 Лукьянов, Б.В., Лукьянов, П.Б. (2020). *Руководство Пользователя по компьютерным программам КОРАЛЛ*. Москва.
- 13 Калашников А.П. (2003). *Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных*. Справочное пособие. 3-е издание переработанное и дополненное. Под ред. А. П. Калашникова, В.И. Фисинина, В.В. Щеглова, Н.И. Клейменова. Москва: 456.
- 14 Morand-Fehr, P. (2005). Recent developments in goat nutrition and application: A review, *Small Ruminant Research*, 60(1–2), 25–43. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2005.06.004.

References

- 1 Mahgoub, O., Nur El Huda, I.E., Osman, Christopher, D.Lu. (2025). Nutrient Utilization and Requirements in Sheep and Goats Raised Under Different Systems and Fed Low Nutritional Novel Feeds for Meat Production. *Animals*, 15: 2658, 1–24. DOI:10.3390/ani15182658.
- 2 Omarova, Q.M., Sádenova, M.Q., Sháyenov, S.Q. (2021). Aqmola oblysynda ósiriletin zaanen eshkileriniń sýt ónimdiligine azyqtandyrdyń áserin anyqtaý. *Vestnik nauki Kazahskogo agrotekhnicheskogo universiteta im. S. Seifullina (mezhdisciplinarnyi)*, 4(111), 4–12.
- 3 Morand-Fehr, P. (2005). Recent developments in goat nutrition and application: A review. *Small Ruminant Research*, 60(1–2), 25–43. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2005.06.004.
- 4 Nipane, S.F., Roupesh, G., Kawitkar, S.B., Dhok, A.P., Jawale, M.R., Chopde, S.V., Lende, S.R. (2023). Nutritional Strategy in Goat. *Indian Journal of Livestock and Veterinary Research*, 3(1), 144–157.
- 5 Mezghosudarstvennyi standart GOST 6497-2014. Korma. Otbor prob. (2014).
- 6 ST RK ISO 6497-2011 – Korma dlya zhivotnyh. Otbor prob. (2011).
- 7 Shi, Y., Qi, Y., Liu, Y., Rong, Y., Ao, X., Zhang, M., Xia, Q., Zhang, Y., Wang, R. (2024). Study of the Influence of Non-Genetic Factors on the Growth and Development Traits and Cashmere Production Traits of Inner Mongolia White Cashmere Goats (Erlangshan Type). *Vet Sci.*, 11(7), 308. DOI: 10.3390/vetsci11070308.
- 8 Berckmans, D. (2017). General introduction to precision livestock farming. *Animal Frontiers*, 7, 6–11.
- 9 Cadero, A., Aubry, A., Dourmad, J.Y., Salaün, Y., Garcia-Launay, F. (2018). Towards a decision support tool with an individual-based model of a pig fattening unit. *Computers and Electronics in Agriculture*, 147, 44–50.
- 10 Lima, E., Hopkins, T., Gurney, E., Shortall, O., Lovatt, F., Davies, P., Williamson, G., Kaler, J. (2018). Drivers for precision livestock technology adoption: A study of factors associated with adoption of electronic identification technology by commercial sheep farmers in England and Wales. *Plos One*, 13.
- 11 Otaru, S.M., Adamu, A.M., Ehoche, O.W. (2020). Influence of levels of supplementary concentrate mixture on lactation performance of Red Sokoto does and the pre-weaning growth rate of their kids. *Veterinary and Animal Science*, 10: 100137, 1–12.
- 12 Luk'yanov, B.V., Luk'yanov, P.B. (2020). Rukovodstvo Pol'zovatelya po komp'yuternym programmam KORALL. Moskva.
- 13 Kalashnikov, A.P., Fisinin, V.I., Shcheglov, V.V., Kleimenov, N.I. (Eds.). (2003). *Norms and rations of feeding farm animals: Reference manual (3rd revised and expanded ed.)*. Moscow: 456.
- 14 Morand-Fehr, P. (2005). Recent developments in goat nutrition and application: A review, *Small Ruminant Research*, 60(1–2), 25–43. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2005.06.004.

«Коралл» цифрлық бағдарламасын қолдану негізінде ешкі азықтарының сапасын талдау және азықтандыру рациондарын оңтайландыру

Омарова К.М., Шайкенова К.Х., Шауенов С.К., Ибраев Д.К., Сәденова М.Қ.
Мухаметжарова И.Е.

Түйін

Алғышарттар мен мақсат. Тәжірибелік ешкі шаруашылығындағы негізгі мәселелердің бірі – энергия, протеин, аминқышқылдары, макро- және микроэлементтер тұрғысынан рациондардың теңгерімсіздігі. Бұл азықтың химиялық құрамының өзгергіштігіне, азықпен қамтамасыз етудің маусымдылығына және азықтандыру рациондарын құрастыруда заманауи талдау әдістері мен цифрлық технологияларды шектеулі қолдануына байланысты. Рациондардың малдың физиологиялық қажеттіліктеріне сәйкес болмауы өнімділіктің төмендеуіне, көбею қабілетінің төмендеуіне, төлдердің өсуінің баяулауына және өнім бірлігіне шаққандағы азық шығындарының артуына әкеледі.

Сонымен қатар зерттеудің алғышарты мал шаруашылығында цифрлық технологияларды белсенді түрде енгізу болып табылады, бұл азық сапасын бағалау және рационды теңестіру процестерін автоматтандыруға мүмкіндік берді. Арнайы бағдарламаны пайдалану малдың қоректік заттарға деген қажеттіліктерін дәлірек есептеуге, рационды жедел түзетуге және азық ресурстарын пайдалану тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Зерттеудің мақсаты – шаруашылықтарда қолданылатын азықтың химиялық құрамы мен қоректік құндылығын бағалау, сондай-ақ мамандандырылған бағдарламалық жасақтаманы қолдана отырып, әртүрлі жыныс-жас топтарындағы және физиологиялық жағдайдағы ешкілерге теңгерімді рациондарды талдау және әзірлеу.

Материалдар мен әдістер. Ғылыми-зерттеу жұмыстары Павлодар облысының Май ауданындағы «Ақжар өндіріс агрофирмасы» ЖШС шаруашылығында жүргізілді. Азық базасын зерттеу мақсатында шаруашылықта қолданылатын негізгі азықтардың үлгілері алынды. Зерттеу барысында азық базасына талдау жасалды, оның ішінде құрғақ заттың, шикі протеиннің, майдың, жасұнықтың, алмасу энергиясының, макро- және микроэлементтердің құрамы анықталды. Алынған деректердің негізінде малдың физиологиялық қажеттіліктеріне сәйкес, «Коралл» бағдарламалық жасақтамасын пайдаланып, ешкілердің азықтандыру рациондары талданып, қайтадан жасалды.

Нәтижелер. Зертханалық деректер негізінде «Коралл» цифрлық бағдарламасында текелердің, саулық ешкілердің және төлдердің азықтандыру рациондарына талдау жүргізілді. Зерттеу нәтижесінде рациондардың алмасу энергиясы бойынша жануарлардың физиологиялық қажеттіліктеріне сәйкес келетіні анықталды. Алайда Cu, Zn, Co, I микроэлементтері мен A, D, E дәрумендерінің тапшылығы байқалды. Азықтандыруды оңтайландыру мақсатында минералды-дәруменді премикстерді пайдалану ұсынылды. «Коралл» бағдарламасын қолдану рациондарды бағалау дәлдігін арттыруға және ешкілердің өнімділігі мен азықтандыру тиімділігін жақсартуға бағытталған ұсыныстар әзірлеуге мүмкіндік берді.

Қорытынды. Зерттеу нәтижелері азықтандыру рациондарын есептеудің цифрлық әдістерін қолдану азықтарды энергия, протеин және аминқышқылдары бойынша теңгерудің дәлдігін арттыруға, қоректік заттардың сіңімділігін жақсартуға және ешкілердің өнімділігінің оңтайлы деңгейін қамтамасыз етуге мүмкіндік беретінін көрсетті.

Кілт сөздер: ешкі шаруашылығы; азық сапасы; минералды және витаминді премикстер; азық рациондары; цифрлық технологиялар; «Коралл» бағдарламасы.

Analysis of feed quality, development and optimization of goat feeding rations using the “Korall” digital program

Karlygash M. Omarova, Kymbat H. Shaikenova, Saukymbek K. Shauyenov, Dulat K. Ibrayev
Miram K. Sadenova, Ilmira E. Mukhametzarova

Abstract

Background and Aim. One of the main challenges in practical goat farming is the inadequate balancing of diets in terms of energy, protein, amino acids, macro- and micronutrients. This is due to the variability of feed chemical composition, the seasonal nature of feed supply and the limited use of modern analytical methods and digital technologies for diet formulation. Imbalanced diets that fail to meet the physiological needs of animals lead to decreased productivity, impaired reproductive performance, slower growth in young animals and increased feed costs per unit of output.

The study also benefited from the active introduction of digital technologies in livestock farming, enabling automated feed quality assessment and ration balancing. The use of specialized software allows for more accurate calculations of animals' nutrient requirements, rapid adjustment of diets and increased feed efficiency.

The aim of the study was to evaluate the chemical composition and nutritional value of feed used on farms and to develop balanced diets for goats of various age and gender groups and physiological states using specialized software.

Materials and methods. The research was conducted at the “Agrofirma Akzhar Ondiris” LLP farm in the Mays district of the Pavlodar Region. Samples of the main feeds used on the farm were collected to assess the feed supply. During the study, the feeds were analyzed, including the determination of dry matter content, crude protein, fat, fiber, metabolizable energy, and macro- and micronutrients. Based on the obtained data, goat feeding rations were formulated using the "Korall" software to meet the animals' physiological needs.

Results. Based on laboratory data, the “Coral” digital program was used to analyze the diets of breeding bucks, does, and young goats. It was found that the diets generally meet the animals' metabolizable energy requirements; however, deficiencies in certain trace minerals (Cu, Zn, Co, I) and vitamins A, D, and E. To optimize feeding, the use of mineral-vitamin premixes is recommended. The use of the “Coral” program made it possible to improve the accuracy of diet assessment and develop recommendations for improving goat productivity and feeding efficiency.

Conclusion. The study results showed that the use of digital methods for calculating feed rations allows diets to be balanced more accurately in terms of energy, protein and amino acids, improved nutrient digestibility and optimal goat productivity.

Keywords: goat farming; feed quality; mineral and vitamin premixes; feed rations; digital technologies; “Korall” program.

Дәйексөз үшін: Нуралиев, М.Т., Кенжебаева, Т.Е., Ахатова, З., Сәденова, М.Қ., Амантай, С., Омарова, К.М. (2026). Қазақстан жағдайында тұқымаралық будандастыруды пайдалану кезінде әртүрлі тұқымды сүтті ешкілердің өнімділік және өсімін молайту қасиеттерін бағалау. *Еуразиялық агротехникалық журнал*, 2(130), 168-181. DOI: [https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2\(130\).2143](https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2(130).2143)

ӨОЖ 636.39.081

Зерттеу мақаласы

Қазақстан жағдайында тұқымаралық будандастыруды пайдалану кезінде әртүрлі тұқымды сүтті ешкілердің өнімділік және өсімін молайту қасиеттерін бағалау

Нуралиев М.Т.¹ , Кенжебаева Т.Е.¹ , Ахатова З.¹ , Сәденова М.Қ.² , Амантай С.² 
Омарова К.М.² 

¹К.У. Медеубеков атындағы Қой шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты филиалы,
«Қазақ мал шаруашылығы және жемшөп өндірісі ғылыми-зерттеу институты» ЖШС,
Мынбаев ауылы, Алматы облысы, Қазақстан

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

Корреспондент автор: Омарова К.М.: karligach.mo@mail.ru

Бірлескен авторлар: (1: МН) muhan13@mail.ru; (2: ТК) Kenzhebaeva_81@mail.ru

(3: 3A) ahatova_niio@mail.ru; (4: МС) m_sadenova@mail.ru

(5: СА) saltu_zhan@mail.ru

Келіп түсті: 01.02..2026 **Қабылданды:** 29.06.2026 **Жарияланды:** 30.06.2026

Авторлық құқық: Нуралиев, М.Т., т.б. Бұл мақала ашық қолжетімділікте жарияланып,
Creative Commons Attribution 4.0 халықаралық лицензиясының шарттарына сәйкес таратылады
(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Түйін

Алғышарттар мен мақсат. Қазақстанда сүтті ешкі шаруашылығын дамыту агроөнеркәсіптік кешеннің басым бағыттарының бірі болып табылады. Соңғы жылдары импорттық жоғары өнімді тұқымдарды жергілікті генотиптермен будандастыру арқылы өнімділікті арттыру мәселесі өзекті болып отыр. Алайда әртүрлі тұқымаралық комбинациялардың өнімділік және өсімдік (өсу-даму) көрсеткіштеріне әсері жеткілікті деңгейде зерттелмеген. Зерттеудің мақсаты – Қазақстан жағдайында тұқымаралық будандастыруды пайдалану кезінде әртүрлі генотиптегі сүтті ешкілердің сүт өнімділігі мен төлдерінің өсу қарқынын салыстырмалы бағалау.

Материалдар мен әдістер. Зерттеу шаруашылық жағдайында жүргізілді. Тәжірибеге жергілікті ешкілер, сондай-ақ сүт бағытындағы шетелдік тұқымдармен алынған будандар енгізілді. Сүт өнімділігі 305 күндік лактация бойынша есептелді. Сүттің майлылығы мен ақуыз мөлшері стандартты зертханалық әдістермен анықталды. Төлдердің тірі салмағы туған кезде және 1, 3, 6 айлық жасында өлшенді, орташа тәуліктік өсім есептелді. Алынған мәліметтер вариациялық-статистикалық әдістермен өңделді.

Нәтижелер. Зерттеу нәтижелері бойынша сүтті ешкілердің тірілей салмағы аталықтарда 59,2–75,0 кг, аналықтарда 49,4–55,3 кг аралығында болды. Лактацияның 7-айындағы сүт өнімділігі 400–519 кг, ал орташа тәуліктік сүт мөлшері 1,9–2,5 кг құрап, сүтті ешкілерге қойылатын ең төменгі талаптарға сәйкес келді. 4 айлық жастағы шыбыштардың тірілей салмағы 21,8–23,6 кг, текешіктерде 23,0–29,4 кг болса, 8 айлық жаста бұл көрсеткіштер тиісінше 31,7–34,0 кг және 34,8–38,7 кг болды. Тірілей салмақ пен сүт өнімділігі арасында оң корреляция (+0,159), сондай-ақ сүт өнімділігі мен ақуыз мөлшері (+0,053...+0,198) арасында байланыс анықталды. Зерттеу нәтижелері ешкілердің өнімділігі тұқымдық ерекшеліктерге ғана емес, азықтандыру мен күтіп-бағу жағдайларына да тәуелді екенін көрсетті.

Қорытынды. Қазақстанның табиғи-климаттық жағдайында тұқымаралық будандастыру сүтті ешкілердің өнімділігі мен өсу қарқынын арттырудың тиімді тәсілі болып табылады. Зерттеу нәтижелері сүтті ешкі шаруашылығын селекциялық жетілдіру бағдарламаларын әзірлеуде қолдануға ұсынылады.

Кілт сөздер: ешкі сүті; селекция; ешкі тұқымы; шағылыстыру; азықтандыру рационы; сүт өнімділігі.

Кіріспе

Соңғы жылдары әлемдік ешкі шаруашылығы тәжірибесінде сүтті ешкілердің өнімдік және көбею қабілеттерін мақсатты селекциялық-асылдандыру жұмыстары арқылы арттыруға, сондай-ақ гетерозистік әсерді тиімді пайдалану құралы ретінде тұқымаралық шағылыстыруды кеңінен енгізуге тұрақты ғылыми және өндірістік қызығушылық байқалуда [1, 2]. Халық санының өсуі, экологиялық жағдайлардың өзгеруі және жоғары сапалы жануар тектес өнімдерге сұраныстың артуы жағдайында сүтті ешкі шаруашылығы азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз етудің маңызды бағыттарының біріне айналып отыр. Әсіресе ешкі сүтінің жоғары биологиялық құндылығы, жеңіл қорытылуы, гипоаллергендік қасиеттері және балалар мен диеталық тағам өндірісінде кең қолданылуы бұл саланың маңызын арттыруда.

Morzillo et al. (2020) және *Amoah et al. (2021)* жүргізген зерттеулер нәтижелері заанен, англонубий және бентал сияқты жоғары өнімді тұқымдардың генетикалық әлеуетін пайдалану өнеркәсіптік жағдайда ұсталатын ешкілердің сүт өнімділігін, төлдің өсу қарқынын, тірі салмағын, репродуктивтік қасиеттерін және технологиялық күйзеліске бейімділігін едәуір жақсартуға мүмкіндік беретінін көрсетеді [3, 4]. Әлемдік тәжірибеде өнеркәсіптік будандастыру жергілікті популяциялардың бейімделгіштік қасиеттерін сақтай отырып, өнімділік деңгейін жоғарылатудың тиімді тәсілі ретінде қарастырылады.

FAO деректері бойынша (2022), кроссбридинг жүйесі жергілікті генетикалық ресурстарды сақтаудың және оларды жетілдірудің стратегиялық бағыты болып табылады. Бұл тәсіл генофонд тұрақтылығын қамтамасыз етіп қана қоймай, сүт өндірудің экономикалық тиімділігін арттыруға, жануарлардың физиологиялық төзімділігін күшейтуге және өндірістік технологияларға бейімділігін жақсартуға ықпал етеді [5]. Сонымен қатар қазіргі таңда көптеген елдерде сүтті ешкілерді асылдандыруда өнімділікпен қатар көбею қабілеті, өміршендік, азықты тиімді пайдалану және экстерьерлік көрсеткіштер секілді кешенді селекциялық белгілерге ерекше назар аударылуда.

Сүтті ешкі шаруашылығында тұқымаралық будандастыру өнімділік көрсеткіштерін арттырудың тиімді селекциялық әдістерінің бірі болып табылады. Әлемдік тәжірибеде заанен, альпі, нубий және тоггенбург тұқымдарын жергілікті ешкілермен будандастыру нәтижесінде сүт өнімділігінің, тірілей салмақтың және төлдердің өсу қарқынының жоғарылайтыны анықталған. Будандастыру кезінде гетерозис әсерінің байқалуы жас малдың өміршендігін, азықты пайдалану тиімділігін және репродуктивтік қасиеттерін жақсартуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, жергілікті жағдайларға бейімделген генотиптерді жоғары өнімді шетелдік тұқымдармен үйлестіру арқылы өнімділік пен бейімделгіштік қасиеттерінің оңтайлы үйлесімі қалыптасады [6, 7, 8].

Қазақстан Республикасында соңғы жылдары сүтті ешкі шаруашылығын дамытуға қызығушылық артып келеді. Әсіресе заанен және англонубий тұқымдарын өсіру мен оларды жергілікті ешкілермен будандастыру бағытындағы жұмыстар кеңейе бастады. Алайда нақты шаруашылық жағдайында будан ешкілердің өнімділік, көбею және бейімделу қасиеттерін кешенді бағалау бойынша ғылыми зерттеулер жеткіліксіз деңгейде жүргізілген. Қазақстанның табиғи-климаттық жағдайларында әртүрлі генотиптердің өнімділік әлеуетін анықтау, олардың физиологиялық және шаруашылыққа пайдалы қасиеттерін салыстырмалы бағалау мәселелері толық зерттелмеген. Бұл өз кезегінде ғылыми негізделген селекциялық бағдарламаларды әзірлеуді қиындатады және саланың тиімді дамуын шектейді [9, 10].

Осыған байланысты сүт бағытындағы ешкілерді тұқымаралық шағылыстыру арқылы жетілдіру, олардың өнімділік және көбею көрсеткіштерін бағалау, сондай-ақ өндірістік жағдайда өсіру тиімділігін анықтау ғылыми және практикалық тұрғыдан өзекті мәселе болып табылады.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы – алғаш рет Қазақстанның шаруашылық жағдайында жергілікті ешкілерді заанен және англонубий тұқымдарымен будандастыру нәтижесінде алынған будан төлдердің өнімділік, көбею және бейімделу қасиеттеріне кешенді салыстырмалы бағалау жүргізіліп, олардың селекциялық-биотехнологиялық тиімділігі анықталды. Сонымен

қатар әртүрлі генотиптердің сүт өнімділігіне, төлдің өсу қарқынына және репродуктивтік көрсеткіштеріне әсер ету ерекшеліктері ғылыми тұрғыдан негізделді.

Зерттеудің мақсаты – жергілікті ешкілерді жоғары өнімді сүтті бағыттағы тұқымдармен тұқымаралық шағылыстыру арқылы алынған будан ешкілердің өнімділік және көбею қасиеттерін зерттеп, оларды өндірістік жағдайда тиімді пайдалану жолдарын ғылыми негіздеу.

Материалдар мен әдістер

Ғылыми-өндірістік тәжірибелер сүт бағытындағы ешкі өсірумен айналысатын төрт шаруашылықтың базасында ұйымдастырылды: Атырау облысындағы «Сарайшык» ЖШС, Ақтөбе қаласындағы «Шекшек Ата» АӨК, Батыс Қазақстан облысы Бәйтерек ауданындағы «Бисекеш» шаруа қожалығы және Алматы облысы Еңбекшіқазақ ауданындағы «Алипбек» шаруа қожалығы.

Зерттеу нысандары ретінде заанен, нубий және бентал тұқымдарының таза тұқымды ешкілері, сондай-ақ олардың будандары алынды. Зерттеу жұмысы 2018–2025 жылдары жүргізілген, 2020 жылы заанен, нубий және бентал тұқымдарының таза тұқымды текелерімен шыбыштарын өзара шағылыстырылып олардан будандар алынған. Зерттеуге алынған жалпы саны ешкі саны 1259 бас ешкіге жүргізілді, оның ішінде таза заанен тұқымды ешкілер (Голландия селекциясы) СПК «Шекшек Ата» (Ақтөбе қаласы) – 198 басты, КХ «Бисекеш» (БҚО) – 678 басты, КХ «Алипбек» (Алматы облысы) – 99 басты құрады.

Зерттеу барысында зоотехнияда кеңінен қолданылатын жалпы қабылданған әдістемелер пайдаланылды, атап айтқанда:

Ешкілердің асыл тұқымдық құндылығын бағалау, яғни «Қазақ мал шаруашылығы және жемшөп өндірісі ғылыми-зерттеу институты» ЖШС-нің Қой шаруашылығы ғылыми-зерттеу филиалының әрі қарай – Институт ғалымдарымен бірлесіп, Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы министрлігіне бекітуге ұсынылған Жүнді, түбітті және сүтті ешкілерді бонитировкадан өткізу және асылдандыру жұмысының негіздері жөніндегі нұсқаулыққа сәйкес жүргізілді [1]. Сауын кезеңдеріндегі сүт сауымын есепке алу негізінде анықталды.

Сүттің химиялық құрамы жетекші ұйым – «Қазақ мал шаруашылығы және жемшөп өндірісі ғылыми-зерттеу институты» ЖШС-нің зертханасында шетелдік жабдықтарды қолдану арқылы зерттелді. Бұл «Лактан 1–4» аспабында келесі көрсеткіштер анықталды: сүттің құрғақ зат мөлшері, майлылық, майсыз құрғақ қалдығы (СОМО), тығыздығы және басқа да параметрлер.

Асыл тұқымды жас малды іріктеу және текелерді ұрпағының сапасы бойынша бағалау «Түбітті, жүнді және сүтті ешкілерді бонитировкадан өткізу және асылдандыру жұмысының негіздері жөніндегі нұсқаулыққа» сәйкес жүргізілді [1].

Зерттеулер нәтижесінде алынған барлық деректер Microsoft Excel бағдарламасы көмегімен статистикалық өңдеуден өткізілді. Зерттеу көрсеткіштерінің орташа мәндері мен олардың қателіктері есептеліп, алынған нәтижелердің сенімділігі анықталды.

Нәтижелер

Атырау облысындағы «Сарайшык» ЖШС-нің заанен тұқымды ешкі табыны шетелдік селекциядағы таза тұқымды мал ретінде тек элита және I класқа жататын ешкілерден құралған. Ал қалған үш шаруашылықтағы будан табындар бойынша элита және I класс үлесі Батыс Қазақстан облысындағы «Бисекеш» шаруа қожалығында – 84,9%, Ақтөбе облысындағы «Шекшек Ата» АӨК-те – 76,6%, Алматы облысындағы «Алипбек» шаруа қожалығында – 76,8% құрады.

Тұқымдық құрылымы тұрғысынан Батыс Қазақстан және Алматы облыстарындағы шаруашылықтардың ешкі табындары заанен тұқымдарының будандарынан тұрады. Ал Ақтөбе облысындағы шаруашылықта бұрын алынған заанен және нубий тұқымдарының будандары бар, олардың саны тиісінше 198 және 678 бас болды. 2018 және 2020 жылдардағы шағылыстыру науқандары кезінде Ақтөбе облысындағы шаруашылықта тұқымаралық шағылыстыруда пәкістандық битал тұқымдарының текесі пайдаланылып, нәтижесінде тиісінше 160 және 650 бас төл алынды (1-сурет).

Нубий тұқымдарының будандарына қызыл-қоңыр түсті жүн жамылғысы, мүйізсіздік (комолость) және ұзын салбыраған құлақтар тән болса, заанен тұқымдарының будандарына ақ түсті жүн, тік

орналасқан құлақтар, сондай-ақ мүйізсіз және мүйізді формалардың кездесуі тән. Зерттеу барысында нубий және заанен тұқымдары будандарының экстерьерлік айырмашылықтары мен тірілей салмақ көрсеткіштері анық байқалды. Атап айтқанда, Б типтегі нубий сүтті тұқымының 4 жастағы будан текесінің тірілей салмағы 76 кг болса, В типтегі заанен сүтті тұқымының 4 жастағы будан текесінің тірілей салмағы 80 кг болды (1-сурет).

Тұқымдық ерекшеліктеріне байланысты заанен тұқымды ешкілер жоғары сүт өнімділігімен, дене бітімінің ірілігімен және тірі салмағының жоғарылығымен сипатталады. Ал нубий тұқымына сүттің майлылығының жоғары болуы және африкалық жануарларға тән ыстық климат жағдайына жақсы бейімделгіштік қасиет тән.



А – Б типтегі нубиялық сүтті тұқым
4 жастағы тірілей салмағы – 76 кг



В – заанен сүтті тұқымының В типі, 4 жастағы тірілей салмағы – 80 кг
1-сурет – Нубий және заанен тұқымдарының будан текелері



А – Битал тұқымының аталығы (өндіруші теке)
2 жастағы тірілей салмағы – 75 кг



Б – Битал тұқымының текесімен заанен және нубий ешкілерін шағылыстыру
нәтижесінде алынған будан лақтар
2-сурет – Битал тұқымының будан сүтті ешкілері

АӨК «Шекшек Ата» шаруашылығында тұқымаралық шағылыстыруда пайдаланылған пәкістандық битал тұқымды ешкілерге (Ресейден әкелінген теке негізінде) дене бітімінің ірілігі, аяқтарының ұзын болуы және өте жоғары сүт өнімділігі тән. Аталған тұқым бойынша орташа тәуліктік сүт сауымы шаруашылықта 8–10 л құрады.

Бұл тұқым текесінің фенотиптік және генотиптік ерекшеліктері оның тірі салмағының жоғары болуымен айқындалды: 2 жасында тірі салмағы 75 кг болды. Сондай-ақ жүн жамылғысының түсіне тән ерекшелік – қызыл-қоңыр түс, заанен және нубий тұқымдарының будан аналықтарымен шағылыстыруынан алынған лақтарда айқын байқалды (2-сурет).

Өзірленген стандарттарға сәйкес заанен тұқымының таза тұқымды және будан текелерінің тірі салмағы (элита және I класс) тиісінше 65–85 және 55–75 кг деңгейінде белгіленген. Ал аналық ешкілер үшін келесі көрсеткіштер қарастырылған:

- тірі салмағы – 50–55 және 48–52 кг;
- сүт өнімділігі – 700–800 және 600–700 кг, оның ішінде жас ерекшеліктері бойынша: 1,5 жаста – 200–240 л, 2–2,5 жаста – 380–400 л, ересек жаста – 600–800 кг.

Базалық шаруашылықтардағы таза тұқымды және будан ешкілердің өнімдік қасиеттерін аталған стандарттармен салыстырмалы бағалау нәтижелері 1-кестеде келтірілген.

1-кесте – Сүтті ешкілердің өнімділігі

Шаруашылық	Тірілей салмағы, кг				Сүтті өнімділігі (7 ай лактацияда)	
	текелер		ешкілер		барлығы, л	орташа тәуліктік, л
	n	M±n	n	M±n		
Таза тұқымды заанен ешкілер						
«Сарайшық» ЖШС, Атырау облысы	23	65,5±0,51	200	55,3±0,64	518,8	2,5
Заанен және нубий тұқымдарының будан ешкілері						
«Бисекеш» ШҚ, БҚО	15	60,1±0,35	220	52,6±0,73	400,0	1,9
«Шекшек-Ата» АӨК, Ақтөбе облысы	1	75±0,0	63	54,9±0,51	467,5	2,2
«Әліпбек» ШҚ, Алматы облысы	2	59,2±0,41	34	49,4±0,24	410,5	2,0

Өндіруші текелер негізінен 2 жастағы жануарлармен ұсынылған, осыған байланысты олардың орташа тірі салмағы таза тұқымды текелерде 65,5 кг, заанен тұқымы бойынша будандарда 59,2–60,1 кг болды және белгіленген стандарт талаптарына сәйкес келді.

Базалық шаруашылықтардағы аналық ешкі табындары да жас құрамы жағынан әркелкі, алайда ересек аналықтардың үлесі басым. Олардың орташа тірі салмағы мен сүт өнімділігіде (ағымдағы жылдың 7 айлық лактация кезеңінде) стандарт талаптарына сай болды және тиісінше

таза тұқымды ешкілерде 52,6 кг және 518,8 л, будандарда 49,4–52,6 кг және 400–467,5 кг деңгейінде қалыптасты.

Есепке алынған лактация кезеңінде ең жоғары сүт өнімділігі таза тұқымды ешкілерге тән болды – 518,8 л. Ал будан сүтті ешкілер арасында ең жоғары көрсеткіш «Шекшек Ата» АӨК-те тіркеліп, 467,5 л құрады, бұл басқа екі шаруашылықтағы қатарластарының көрсеткіштерінен (400–410,5 л) 67,5–57 л немесе 16,9–13,8% жоғары болды.

«Шекшек Ата» АӨК-де сүт өндірісінің жоғары болуы асыл тұқымды малдың үлес салмағының басқа екі шаруашылықпен салыстырғанда айтарлықтай айырмашылығы болмағанына қарамастан (76,6%, ал басқаларында 76,8–84,9%), ең алдымен ешкі табынын азықтандыру мен күтіп-бағу жағдайларының жайлы болуымен, сондай-ақ арнайы әзірленген сауын алаңында жүргізілетін сауын технологиясын ұйымдастыруымен түсіндіріледі. Бұл еңбек өнімділігін арттырып, сауын сапасын жақсартуға және сүттің бактериялық ластану деңгейін төмендетуге ықпал етті (3-сурет).

Аталған шаруашылықта 2018 жылдан бастап сүтті қайта өңдеу ұйымдастырылып, қымыз және айран өндіру жолға қойылған, сондай-ақ ешкілерді ұстау жүйесіне тиісті деңгейде көңіл бөлінуде.

Батыс Қазақстан облысындағы «Бисекеш» шаруа қожалығында ағымдағы жылдың тамыз айының соңында негізінен жұмсақ ірімшік түрлерін өндіруге бағытталған сүтті қайта өңдеу цехы іске қосылды. Бұл, өз кезегінде, ешкілерді азықтандыру мен сауу технологиясындағы бұрын қалыптасқан жеткіліксіз деңгейдің жақсаруына ықпал етті.

Аталған екі шаруашылықта, сондай-ақ Атырау облысындағы «Сарайшық» ЖШС-де жолға қойылған сүтті қайта өңдеу өндірісі ешкі селекциясында сүттің негізгі қоректік заттар құрамы бойынша сапалық көрсеткіштерін есепке алудың маңыздылығын көрсетеді. Осы бағыттағы зертханалық зерттеулердің нәтижелері 2-кестеде келтірілген.

2-кесте – Заанен және нубий тұқымдарының будан ешкілерінің сүтінің химиялық және биохимиялық құрамы

Көрсеткіштер	Заанен тұқымының будандары (n=20)			Нубий тұқымының будандары (n=20)		
	Жыл маусымы					
	көктем	жаз	күз	көктем	жаз	күз
Май,%	3,52	3,36	3,91	3,69	3,67	4,45
Протеин,%	2,96	2,8	3,4	3,48	3,18	3,84
Сомат.жасушалар, мың/см³	63	59	154	351	364	296
Казеин, %	2,44	2,35	3,037	2,91	2,31	23,13
Лактоза, %	4,76	4,75	4,19	4,43	4,67	4,37
Құрғақ зат,%	12,18	11,94	12,79	12,35	12,37	13,78
СОМО, %	8,8	8,7	9,08	9,14	9,0	9,35
Лимон қышқылы	0,07	0,07	0,08	0,08	0,06	0,06
Несеп қышқылы, мг %	71,24	70,16	233,32	71,15	60,02	234,52
Белсенді қышқылдық, %	6,76	6,76	5,08	6,65	6,65	5,15
Гомогенизация индексі	0,65	0,63	0,42	0,65	0,66	0,45
Моноқанықпаған май қышқылдары, %	0,84	0,76	0,94	0,76	0,81	0,89
Полиқаныққан май қышқылы, %	0,170	0,15	0,19	0,80	0,15	0,18
Қаныққан май қышқылдары, %	2,29	2,33	2,577	2,64	2,54	2,68

Құрғақ заттар мөлшерінің жоғары болуына байланысты неғұрлым жоғары энергетикалық құндылыққа нубий тұқымының будандарының сүті ие болды. Бұл, өз кезегінде, майлылық көрсеткішінің басымдығымен қамтамасыз етілді: нубий будандарында май мөлшері 3,67–4,45% болса, заанен тұқымының будандарында 3,36–3,91% деңгейінде болды. Айырмашылық 0,31–0,54% құрады.

Нубий тұқымының будандары майсыз құрғақ қалдық (СОМО) мөлшері бойынша да басымдық көрсетті (9,0–9,55%), бұл көрсеткіш заанен будандарымен салыстырғанда (8,7–9,08%) 0,3–0,47% жоғары болды. Бұл артықшылық, шамасы, сүттегі ақуыз мөлшерінің жоғары болуымен байланысты. Сонымен қатар, аталған будандар лактоза мөлшері бойынша заанен будандарынан төмен болып шықты, бұл айырмашылық көктем-жаз кезеңінде 0,33–0,08% құрады, ал күзгі кезеңдегі химиялық құрам көрсеткіштері бойынша, керісінше, нубий будандары 0,18% артықшылық танытты.

Сүттің бактериялық ластану деңгейін бағалау нәтижесінде соматикалық жасушалар санының ең төмен көрсеткіші заанен тұқымының будандарының сүтінде анықталды – 63–154 мың/см³, ал нубий будандарында бұл көрсеткіш 296–351 мың/см³ болды. Аталған елеулі айырмашылық, біздің пікірімізше, ешкілердің генотипіне емес, сүт үлгілерін алғаннан кейін зерттеу жүргізілгенге дейінгі уақыттың ұзақтығына байланысты. Мәселен, Алматы облысындағы «Алипбек» шаруа қожалығында бұл уақыт бар болғаны 1 күнді құраса, Ақтөбе қаласынан теміржол көлігімен жеткізілуіне байланысты «Шекшек Ата» АӨК шаруашылығында 3–4 күнге дейін созылды.

Жалпы алғанда, нубий және заанен тұқымдарының будандарының сүтінің анықталған химиялық құрамы мамандандырылған сүтті тұқымдарға тән сүт сапасына сәйкес келеді, соның ішінде күзгі сауым кезеңінде құрғақ заттар мен әсіресе май мөлшерінің артуы байқалды.

Мәселен, Мәскеу облысы жағдайында заанен тұқымды ешкілердің сүтіндегі СОМО, ақуыз және май мөлшері лактацияның 1–3 айында орта есеппен тиісінше 8,55; 3,01 және 3,16%, 5–6 айында – 8,11; 3,07 және 3,24% болып, ал күз мезгіліне сәйкес келетін 7–8 айларда бұл көрсеткіштер сәл жоғарылап, 8,30; 3,35 және 4,18% құраған [2].

Ресей Федерациясындағы үш генотипті сүтті ешкілердің сүтінде құрғақ заттар мөлшері 11,5–11,9%, май – 3,46–3,56%, ақуыз – 3,21–3,48% деңгейінде болған, ал аталған ГОСТ 32940-2014 шикі ешкі сүті. мемлекеттің техникалық регламенті бойынша бұл көрсеткіштер тиісінше 13,4%; 2,8–5,5% және 2,8–3,8% болуы тиіс. Соматикалық жасушалар саны 385–490 мың/см³ аралығында анықталған [8].

Аталған зерттеу материалдары құрғақ заттар мөлшерінің тұтас сүтке арналған техникалық регламент талаптарынан 1,9–1,5% төмен екенін көрсетеді, бұл, шамасы, ешкі сүтінің сапалық ерекшеліктерімен байланысты. Осындай салыстырмалы түрде төмен деңгей біздің жоғарыда келтірілген зерттеу нәтижелерімізде де байқалды: заанен тұқымының будандарында – 11,94–12,79%, нубий будандарында – 12,35–13,78%.

Сүт сапасына жүргізілген зертханалық талдаулардың және ешкілердің өнімділік көрсеткіштерін есепке алудың негізінде сүт сауымының тірі салмақпен және сүттің негізгі қоректік заттарымен корреляциялық өзара байланысы анықталды (3-кесте).

3-кесте – Ешкілердің сүттілігі мен тірілей салмағы, сондай-ақ сүттің сапалық көрсеткіштері арасындағы корреляциялық байланысы

Корреляциялық белгілер	Шаруашылық және ешкілердің шығу тегі		
	«Әліпбек» ШҚ, заанен будан ешкілері (n=20)	«Бисекеш» ШҚ, заанен будан ешкілері (n=20)	«Шекшек-Ата» АӨК, нубий будан ешкілері (n=20)
	R±r	R±r	R±r
Тірілей салмағы, сауым	-0,137±0,233	-0,422±0,198	0,159±0,227
Сауым – желін айналымы (обхват вымени)	0,546±0,197	0,662±0,163	0,614±0,181
Сауым-май	-0,341±0,222	-0,401±0,200	-0,383±0,212
Сауым-сомат. жасушалар	-0,121±0,234	0,123±0,217	0,431±0,207
Сауым- ақуыз құрамы	0,198±0,231	0,194±0,214	0,053±0,229
Май және ақуыз құрамы	0,267±0,226	-0,215±0,213	-0,166±0,226

Теориялық тұрғыдан күтілетін сүт сауымы мен тірі салмақ арасындағы оң өзара байланыс тек «Шекшек Ата» АӨК шаруа қожалығының ешкі табынында ғана байқалды, мұнда корреляция коэффициенті +0,159 болды. Ал қалған екі шаруашылықта бұл байланыс теріс мәнге ие болды: «Алипбек» шаруа қожалығында –0,137, «Бисекеш» шаруа қожалығында –0,422. Бұл жағдай олардың табындарында жасы үлкен аналық ешкілердің үлес салмағының жоғары болуымен түсіндіріледі, себебі мұндай жануарларға тірі салмақтың салыстырмалы түрде жоғары, ал сүт өнімділігінің төмен болуы тән. Сонымен қатар, аталған нәтижелер осы шаруашылықтардағы ешкілерді азықтандыру мен күтіп-бағу деңгейінің, оның ішінде сапалы сауын жүргізу технологиясының жеткіліксіздігімен де байланысты болуы мүмкін.

Сонымен бірге, ешкі шаруашылығында, ірі қара мал шаруашылығындағы сияқты, тауарлы сүт өндіруде азықтандырумен қатар аналықтарды дұрыс азықтандыру және кейінгі сапалы сауын жүргізу шешуші маңызға ие. Бұл процесс аналық ешкілерде олардың генотипіне тән желін көлемінің қалыптасуын қамтамасыз етеді.

Аталған өндірістік процестің маңыздылығы барлық үш шаруашылық бойынша сүт сауымы мен желіннің шеңбері бойынша өлшем көрсеткіші арасындағы жоғары корреляция коэффициенттерімен дәлелденеді: +0,546...+0,662.

Теориялық тұрғыдан күтілетіндей, барлық үш шаруашылықта сүт сауымы мен сүттің майлылығы арасында теріс корреляциялық байланыс анықталды (–0,341...–0,401), ал сүт сауымы мен ақуыз мөлшері арасында оң байланыс байқалды (+0,053...+0,198). Сонымен қатар, ақуыз бен май мөлшерлері арасындағы корреляция коэффициенті екі шаруашылықтағы ешкі табындарында теріс мәнге ие болды (–0,166...–0,267), ал үшінші шаруашылықта, керісінше, оң байланыс анықталды (+0,267).

4-кесте – Жеке шаруашылықтағы 1,5 және 2,5 жасар заанен будан ешкілердің сүттілігі мен химиялық құрамы

Көрсеткіштер	Шығу тегі	
	Будан♀Х таза тұқымды Жаңа Зеландия селекциясынан (мұздатылған тұқым)	
Жасы, жыл	1,5	2,5
Тірі салмақ, күз (кг)	51,0	42,0
Төлдегіштік, %	200	200
7 айлық лактациядағы сүттілік (л), барлығы / орташа тәуліктік	575 2,70	492 2,31
Сүт мөлшері (л), желін айналымы (см), құрамындағы құрғақ заттар (%) және соматикалық жасушалар (мың/см ³) - сәйкесінше		
Барлығы	3,5 л, 52, см, 11%, 140 мың/см ³	3,0 л, 46 см, 11%, 140 мың/см ³
Соның ішінде: таңертең сауылғаны	1,6 л, 60 см, 10%, 14 мың/см ³	1,4 л, 54 см, 10,7%, 5 мың/см ³
Түстен кейін сауылғаны	0,8 л, 48 см, 11%, 396 мың/см ³	0,7 л, 41 см, 11%, 376 мың/см ³
Кешкі уақытта сауылғаны	1,1 л, 48 см, 10,8%, 10 мың/см ³	0,9 л, 44 см, 10,6%, 282 мың/см ³

Мал шаруашылығы тәжірибесінде кешен жағдайында өндірілген сүттің бактериялық ластануы жағынан сапалы болатыны белгілі. Біздің пікірімізше, бұл жағдай аналықтарды ұстау жағдайымен қатар, сиырлардың жоғары сүт өнімділігімен де байланысты болуы мүмкін. Аталған болжам біздің зерттеуде екі шаруашылықтың ешкі табындарында сүт сауымы мен соматикалық жасушалар мөлшері арасындағы оң корреляция арқылы расталды (+0,123...+0,431). Сонымен қатар, екі ешкіде жүргізілген зерттеуде де соматикалық жасушалар мөлшері сүт сауымы мен желін шеңбері өлшемімен өзара байланысты болып шықты (4-кесте).

Атап айтқанда, ең төменгі соматикалық жасушалар саны (5 және 14 мың/см³) таңғы сауым кезінде ең жоғары сүт сауымы (1,6 және 1,4 л) және желін шеңбері көрсеткіші (52 және 46 см) кезінде анықталса, ең жоғары соматикалық жасушалар саны (396 және 376 мың/см³) түскі сауын кезінде

ең төменгі сүт сауымы (0,8 және 0,7 л) және желін көлемі (48 және 41 см) кезінде байқалды. Осыдан, желіндегі сүт мөлшерінің артуы мен көлемінің ұлғаюы сауын түтікшесі арқылы ластанушылардың өтуін тежейтінін тұжырымдауға болады. Осы жеке қожалықтағы ешкілердің аз санын сипаттай отырып, олардың шығу тегі мен өнімділік қасиеттері ғылыми институт ұсынған ұсыныстарға сәйкес қамтамасыз етілгенін атап өту қажет: будандарды будандастыру үшін шетелдік генотиптерінен мұздатылған тұқым қолдану, ешкілерді сауудың патенттелген технологиялық жабдықтары, жас ешкілерді толық сүттің алмастырғыштарымен асырау, сондай-ақ азықтандырудың оңтайлы нормалары.

Нәтижесінде, 3-суреттен көріп тұрғандай, фенотипі мен өнімділік деңгейі бойынша таза заанен тұқымына тән ешкілер алынған, бұл элита класының талаптарына сәйкес келеді. Атап айтқанда, аналық ешкі 2,5 жаста болып, тірілей салмағы 51 кг құрады, төлдегіштігі 200%-ға жетті. Лактацияның 7 айындағы жалпы сүт сауымы 575 л, ал орташа тәуліктік сүт мөлшері 2,7 л болды.

Бұл, өз кезегінде, мемлекеттік әлеуметтік және ауыл шаруашылығын дамыту бағдарламалары аясында жеке қожалық негізінде кәсіпкерлікті дамыту тұрғысынан, институттың сүтті ешкі шаруашылығын зерттеу бағытындағы ғылыми-зерттеу жұмыстарын осы санаттағы ауыл шаруашылық формаларына бейімдеудің тиімділігін көрсетеді. Нәтижесінде, 3-суреттен көрініп тұрғандай, фенотипі мен өнімділік деңгейі бойынша таза заанен тұқымына тән ешкілер алынған, бұл элита класының талаптарына сәйкес келеді. (3-сурет, Г).



Г - Аналық ешкі – жасы 2,5 жыл, тірілей салмағы - 51 кг, төлдегіштігі 200%.
Лактацияның 7 айындағы сүт сауымы 575 л, орташа тәуліктік сүт мөлшері 2,7 л құрайды



Д - Аналық ешкі 1,5 жаста. Тірі салмағы 42 кг, құнарлылығы 200%
Лактацияның 7 айындағы сүт сауымы 492 л, орташа тәуліктік сүт сауымы 2,3 л

3-сурет – Жаңа Зеландияда өсірілген Заанен текелерінің мұздатылған шәуетін будандастыру арқылы алынған жергілікті ешкілер

Жас малдың тірі салмағының шығу тегіне байланысты динамикасы. Зерттеу бойынша жасалған зерттеулер нәтижесінде әртүрлі шығу тегіне ие жас малдың тірі салмағы динамикасы 5-кестеде келтірілген.

Анықталғандай, заанен тұқымына тиесілі аналықтардан туған жас малдың тірі салмағында есепке алынған жас кезеңдерінде айтарлықтай айырмашылықтар жоқ, бұл олардың осы тұқым бойынша шығу тегінің біркелкі болуымен байланысты болуы мүмкін.

Олардың тірі салмағы 4 айлық жасында: шыбыштарда 21,8–23,6 кг, текешіктерде 23,0–29,4 кг, орта есеппен сәйкесінше 21,74–24,50 кг болды. 8 айлық жасында, тиісінше, шыбыштарда 31,7–34,0 кг, текешіктерде 34,8–38,7 кг, орта есеппен 33,03–36,3 кг болды, бұл жалпы алғанда сүтті ешкілердің тұқымдық ерекшеліктеріне сәйкес келеді.

Тұқымдық құрылымы бойынша ең жоғары тірі салмақ таза заанен тұқымының жас төлдерінде байқалды: 4 айлықта – 24,47 кг, 8 айлықта – 36,3 кг. Ал будандар арасында нубий тұқымына тиесілі жас төлдерде – 4 айлығында 24,50 кг, 8 айлығында 36,0 кг тірі салмаққа ие болды. Нубий тұқымына тиесілі будандарда 4 айлықта шыбыштардың салмағы 22,9 кг, текешіктердің салмағы – 24,5 кг, ал 8 айлықта сәйкесінше 32,26 және 34,6 кг болды.

5-кесте – Сүтті бағыттағы ешкі төлдерінің 8 айлық жасқа дейінгі тірі салмағының динамикасы

Жынысы	Жасы, айлар					
	Туғанда		4		8	
	n	M±n	N	M±n	n	M±n
Серб селекциясынан алынған таза қанды Заанен сүтті ешкілері						
Шыбыштар	40	2,88±0,07	48	23,6±0,16	46	33,9±0,62
Текешіктер	45	3,23±0,02	45	25,4±0,12	46	38,7±0,27
Орташа	85	3,07±0,04	93	24,47±0,14	92	36,3±0,45
Ресей Федерациясынан әкелінген заанен сүтті бағыттағы тұқымдық типтегі будандар						
Шыбыштар	70	3,02±0,02	70	23,6±0,14	70	32,2±0,27
Текешіктер	86	3,1±0,04	80	22,6±0,15	75	36,6±0,29
Орташа	156	3,06±0,03	150	23,07±0,15	145	34,5±0,28
Заанен-нубий сүтті бағыттағы тұқымдық типтегі будандар						
Шыбыштар	34	3,02±0,02	32	23,4±0,17	30	34,0±0,31
Текешіктер	28	3,2±0,03	25	25,9±0,19	23	38,5±0,29
Орташа	62	3,1±0,02	57	24,50±0,18	53	36,0±0,30
Қазақстанда алынған заанен сүтті бағыттағы тұқымдық типтегі будандар						
Шыбыштар	20	2,75±0,03	20	21,8±0,30	20	31,7±0,23
Текешіктер	17	2,92±0,06	15	23,0±0,43	15	34,8±0,48
Орташа	37	2,83±0,04	35	21,74±0,36	35	33,03±0,34

Ескерту: Текешіктер мен шыбыштар, заанен тұқымды будандарды голланд селекциясының текелерімен алғашқы тұқымаралық будандастыру арқылы алынған. P – топтар арасындағы айырмашылықтың статистикалық маңыздылығы (P<0,05; P<0,01; P<0,001, P>0,05).

Зерттеу материалдарын талдау көрсеткендей, «Бисекеш» шаруа қожалығының жас малы, таза заанен тұқымындағы ешкілермен Голландия селекциясынан әкелінген таза тұқымды ешкілерді будандастыру арқылы алынған будандардан шыққанына қарамастан, 4 және 8 айлық жаста тірі салмақты арттыру бойынша күтілген әсер байқалмады - орта есеппен 23,07 және 34,5 кг болды. Бұл таза тұқымды құрбы-құрдастарына қарағанда сәйкесінше 6,1 және 4,9 кг төмен, бұл аталған шаруашылықтағы ешкі табынын азықтандыру мен күтіп-бағу деңгейінің жеткіліксіздігімен байланысты болуы мүмкін.

Сонымен бірге, бұл шаруашылықтағы жас малдың тірі салмағы «Әліпбек» шаруа қожалығының заанен будандарының тірі салмағынан 4 және 8 айлықта тиісінше 6,1 және 4,5% жоғары болды.

Туған кездегі көрсеткіштерде айырмашылық негізінен болмады ($P > 0,05$), ал 4 және 8 айлық жаста Серб селекциясынан алынған таза қанды заанен ешкілерінің көрсеткіштері Ресей Федерациясынан және Қазақстанда алынған будандарға қарағанда сенімді жоғары болды ($P < 0,001$). Заанен-нубий будандарымен салыстырғанда статистикалық маңызды айырмашылық анықталмады ($P > 0,05$).

Талқылау

Шетелдік мамандардың ұсынымдары бойынша, елімізге әкелінген ешкілерді сол жылы репродукцияға тарту үшін олардың тірі салмағы 35 кг және одан жоғары болуы керек. Мұндай ешкілердің үлес салмағы таза заанен тұқымындағы жас малда («Сарайшық ЖШС») 62%, «Бисекеш» будандарында – 39%, «Шекшек Ата» АӨК-де – 57%, «Әліпбек» шаруа қожалығында – 45% құрайды.

Алынған нәтижелер *M. Haenlein*, *M. Mellado* және *G. Caja* зерттеулерінің қорытындыларымен сәйкес келеді. Аталған авторлар сүтті ешкілерде тірі салмақ пен сүт өнімділігі арасындағы байланыс жануарлардың жасы, генотипі, азықтандыру жағдайы және шаруашылықтағы технологиялық менеджмент деңгейіне тәуелді екенін көрсеткен. Сондықтан тірі салмақтың жоғары болуы әрдайым жоғары сүт өнімділігін қамтамасыз етпейді [11].

Алынған нәтижелер шетелдік зерттеушілердің мәліметтерімен сәйкес келеді. Awemi және әріптестерінің (2002) зерттеулерінде ешкі төлдерінің өсу қарқынына генотиппен қатар азықтандыру және күтіп-бағу жағдайларының елеулі әсер ететіні көрсетілген. Сонымен қатар, Browning және Leite (2018) жоғары өнімді генотиптердің артықшылықтары толыққанды азықтандыру жағдайында ғана байқалатынын атап өткен. Сондықтан «Бисекеш» шаруа қожалығындағы будан төлдердің тірі салмағының төмен болуы олардың генетикалық ерекшеліктерінен гөрі азықтандыру және өсіру технологиясының жеткіліксіздігімен түсіндіріледі [12].

Зерттеу материалдарын сипаттау барысында атап өту керек, жоғарыда келтірілген жас ешкілердің тірі салмағы динамикасын олардың шығу тегіне қарай салыстырмалы талдау шартты болып табылады, себебі олар республикадағы әртүрлі табиғи-азықтық аймақтарда өсіріледі және олардың өсіру технологиясына сәйкес ерекшеліктер бар.

Қорытынды

Мақалада зерттеу нәтижелері келтірілген, олар жалпы саны 1978 басты сүтті ешкілерде жүргізілген. Олардың ішінде «Сарайшық» ЖШС (Атырау облысы) шаруашылығында 284 басты серб селекциясындағы таза заанен тұқымды ешкілер, ал басқа үш шаруашылықта будан түріндегі сүтті ешкілердің жалпы саны 975 басты қамтыды: соның ішінде 198 басты «Шекшек Ата» АӨК (Ақтобе қаласы), 565 басты «Бисекеш» ШҚ (Бәйтерек ауданы, Батыс Қазақстан облысы), 91 басты «Алипбек» ШҚ (Еңбекшіқазақ ауданы, Алматы облысы).

Тұқымдық аспект бойынша, Батыс Қазақстан және Алматы облысының шаруашылықтарындағы ешкі табындары заанен тұқымына будан түрінде ұсынылған, ал Ақтобе облысының шаруашылықтарында заанен және нубий будандары, сондай-ақ 2018 және 2019 жылдары алынған пакистандық Битал тұқымды будандар бар.

Аталық және аналық ешкілердің тірілей салмағы, шығу тегіне байланысты, сәйкесінше 59,2–75,0 және 49,4–55,3 кг аралығында болды, ал лактациялық кезеңнің 7-ші айында сүт өнімділігі 400–519 кг, орташа тәуліктік сүт мөлшері 1,9–2,5 кг болды және таза тұқымды будан сүтті ешкілердің өнімділігіне қойылатын ең төменгі талаптарға сай келді.

4 айлық жаста шыбыштардың тірі салмағы 21,8–23,6 кг, текешіктердің 23,0–29,4 кг болды, орташа есеппен тиісінше 21,74–24,50 кг; 8 айлық жаста сәйкесінше 31,7–34,0 және 34,8–38,7 кг, орташа есеппен 33,03–36,3 кг, бұл жалпы сүтті ешкілердің тұқымдық ерекшеліктеріне сәйкес келеді.

8 айға дейінгі жас малдың тірі салмағы тек шығу тегіне ғана емес, сонымен қатар азықтандыру және күтіп-бағу жағдайларына да байланысты болды. Соның нәтижесінде, Батыс Қазақстан облысының шаруашылығында заанен тұқымды будан ешкі аналарды шетел селекциясынан әкелінген таза тұқымды ешкілермен будандастырудан күтілген әсер жеткіліксіз деңгейде көрінді.

Тірі салмақ пен сүттілік арасындағы оң корреляция тек бір жасқа тең ешкілерден тұратын табында байқалды (+0,159), ал сүттің осы көрсеткіші ақуыз мөлшерімен (+0,053...+0,198), сондай-ақ соматикалық жасушалармен (+0,123...+0,431) байланысты болды, бұл сүт өнімділігі артқан сайын оның бактериялық ластануының төмендейтінін көрсетеді.

Әдебиеттер тізімі

- 1 Инструкция по бонитировке пуховых, шерстных и молочных коз с основами племенной работы. (1986). Москва: 10-15.
- 2 Кудрявцев, Н.И. (2015). Молочная продуктивность коз зааненской породы. *Зоотехния*, 4, 14-15.
- 3 Morzillo, A., de Oliveira, H.R., Brito, L.F. et al.. (2020). Genetic and environmental factors affecting milk production traits in dairy goats. *Small Ruminant Research*, 184, 106038. DOI:10.1016/j.smallrumres.2020.106038.
- 4 Amoah, E.A., Gelaye, S., Guthrie, P., Rexroad, C.E. et al. (2021). Breeding strategies for improving dairy goat productivity and profitability. *Small Ruminant Research*, 200, 106386. DOI:10.1016/j.smallrumres.2021.106386.
- 5 Food and Agriculture Organization. (2015). *The Second Report on the State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture*. Rome: FAO.
- 6 Ногаев, А.А., Серикбаев Н.А. (2022). Козоводство – состояние и перспективы развития в Республике Казахстан и Акмолинской области. *Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С.Сефуллина*, 2(113). 22-35.
- 7 Kichamu, N., Wanjala, G., Dossybayev, K., Bekmanov, B., et al. (2025). Genome-wide analysis provides insight into the genetic diversity and adaptability of Kazakhstan local goats. *Scientific Reports*, 15, 19327. DOI:10.1038/s41598-025-02427-8.
- 8 Межгосударственный стандарт ГОСТ 32940 2014 - Молоко козье сырое. Техническое условия. (2019). 9.
- 9 Mellado, M., Valdez, R., García, J.E., López, R., Rodríguez, A. (2004). Relationships between body weight, age, parity and milk yield in goats under extensive conditions. *Small Ruminant Research*, 55(1-3), 43-48.
- 10 Kouri, F., Chagra Dib, E.P., Neto, O.B. et al. (2019) Milk production and its relationship with milk composition, body and udder measurements in dairy goats. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 41.
- 11 Awemu, E.M., Nwakalor, L.N., Abubakar, B.Y. (2002). Environmental and genetic factors influencing preweaning growth traits in dairy goats. *Small Ruminant Research*, 43, 141-149.
- 12 Browning, R., Leite, R.F. (2018). Growth performance of dairy goat kids under different feeding systems. *Small Ruminant Research*, 160, 70-76.

References

- 1 Instruksiya po bonitirovke pukhovyykh, sherstnykh i molochnykhkoz s osnovamiplemennoiraboty. (1986). Moscow: 10-15. [in Russ].
- 2 Kudryavtsev, N.I. (2015). Molochnaya produktivnost' koz zaanenskoj porody. *Zootekhnika*, 4, 14-15. [in Russ].
- 3 Morzillo, A., de Oliveira, H.R., Brito, L.F. et al.. (2020). Genetic and environmental factors affecting milk production traits in dairy goats. *Small Ruminant Research*, 184, 106038. DOI:10.1016/j.smallrumres.2020.106038.
- 4 Amoah, E.A., Gelaye, S., Guthrie, P., Rexroad, C.E. et al. (2021). Breeding strategies for improving dairy goat productivity and profitability. *Small Ruminant Research*, 200, 106386. DOI:10.1016/j.smallrumres.2021.106386.
- 5 Food and Agriculture Organization. (2015). *The Second Report on the State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture*. Rome: FAO.
- 6 Nogaev, A.A., Serikbaev N.A. (2022). Kozovodstvo – sostoyanie i perspektivy razvitiya v Respublike Kazakhstan i Akmolinskoi oblasti. *Vestnik nauki Kazakhskogo agrotekhnicheskogo universiteta im. S.Sefullina*, 2(113), 22-35.

7 Kichamu, N., Wanjala, G., Dossybayev, K., Bekmanov, B. et al. (2025). Genome-wide analysis provides insight into the genetic diversity and adaptability of Kazakhstan local goats. *Scientific Reports*, 15, 19327. DOI:10.1038/s41598-025-02427-8.

8 Mezhgosudarstvennyi standar GOST 32940 2014. Moloko koze syroe. Tekhnicheskoe usloviya. (2019). 9.

9 Mellado, M., Valdez, R., García, J.E., López, R., Rodríguez, A. (2004). Relationships between body weight, age, parity and milk yield in goats under extensive conditions. *Small Ruminant Research*, 55(1–3), 43–48.

10 Kouri, F., Chagra Dib, E.P., Neto, O.B. et al. (2019) Milk production and its relationship with milk composition, body and udder measurements in dairy goats. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 41.

11 Awemu, E.M., Nwakalor, L.N., Abubakar, B.Y. (2002). Environmental and genetic factors influencing preweaning growth traits in dairy goats. *Small Ruminant Research*, 43, 141–149.

12 Browning, R., Leite, R.F. (2018). Growth performance of dairy goat kids under different feeding systems. *Small Ruminant Research*, 160, 70–76.

Оценка продуктивных и воспроизводственных качеств молочных коз разных пород при использовании межпородного скрещивания в условиях Казахстана

Нуралиев М.Т., Кенжебаева Т.Е., Ахатова З., Сәденова М.Қ., Амантай С., Омарова К.М.

Аннотация

Предпосылки и цель. Развитие молочного козоводства в Казахстане является одним из приоритетных направлений агропромышленного комплекса. В последние годы особую актуальность приобретает повышение продуктивности путем скрещивания импортных высокопродуктивных пород с местными генотипами. Однако влияние различных межпородных комбинаций на показатели продуктивности и роста животных изучено недостаточно. Цель исследования – провести сравнительную оценку молочной продуктивности коз различных генотипов и темпов роста их потомства при использовании межпородного скрещивания в условиях Казахстана.

Материалы и методы. Исследование проводилось в производственных условиях хозяйства. В эксперимент были включены местные козы, а также помеси, полученные при скрещивании с зарубежными молочными породами.

Молочная продуктивность определялась по результатам 7-месячного периода лактации. Содержание жира и белка в молоке определяли стандартными лабораторными методами. Живая масса козлят измерялась при рождении, а также в возрасте 1, 3 и 6 месяцев; рассчитывался среднесуточный прирост. Полученные данные были обработаны методами вариационно-статистического анализа.

Результаты. По результатам исследований, живая масса молочных козлов-производителей составила 59,2–75,0 кг, а козоток – 49,4–55,3 кг. Молочная продуктивность за 7-месячный лактационный период варьировала от 400 до 519 кг, при этом среднесуточный удой составлял 1,9–2,5 кг. Полученные показатели соответствовали минимальным требованиям, предъявляемым к молочным козам. По результатам исследований живая масса козочек в возрасте 4 месяцев составляла 21,8–23,6 кг, а козчиков – 23,0–29,4 кг. К 8-месячному возрасту данные показатели увеличивались соответственно до 31,7–34,0 кг и 34,8–38,7 кг. Установлена положительная корреляционная связь между живой массой и молочной продуктивностью (+0,159), а также между молочной продуктивностью и содержанием белка в молоке (+0,053...+0,198). Полученные результаты свидетельствуют о том, что продуктивность коз зависит не только от породных особенностей, но и от условий кормления и содержания животных.

Закключение. В природно-климатических условиях Казахстана межпородное скрещивание является эффективным методом повышения молочной продуктивности и темпов роста коз.

Результаты исследования могут быть рекомендованы для использования при разработке программ селекционного совершенствования молочного козоводства.

Ключевые слова: козье молоко; селекция; порода коз; скрещивание; рацион кормления; молочная продуктивность.

Evaluation of the productive and reproductive qualities of dairy goats of different breeds using interbreeding in the conditions of Kazakhstan

Mukhan Nuralyev, Tynyshtyk Kenzhebekova, Zaure Akhatova, Miram Sadenova,
Saltanat Amantay, Karlygash Omarova

Abstract

Background and Aim. The development of dairy goat farming in Kazakhstan is one of the priority areas of the agro-industrial sector. In recent years, increasing productivity through crossbreeding imported high-yielding breeds with local genotypes has become a relevant issue. However, the effects of different breed combinations on productivity traits and growth performance have not been sufficiently studied. The objective of this study is to conduct a comparative evaluation of milk productivity of dairy goats with different genotypes and the growth rate of their offspring when using crossbreeding under the conditions of Kazakhstan.

Materials and Methods. The study was conducted under farm conditions. The experimental group included local goats as well as crossbred animals obtained by mating them with foreign dairy breeds. Milk productivity was calculated based on the 7-month lactation period. Milk fat and protein contents were determined using standard laboratory methods. The live weight of kids was measured at birth and at the ages of 1, 3, and 6 months, and the average daily gain was calculated. The obtained data were processed using methods of variational statistical analysis.

Results. According to the research results, the live weight of dairy bucks ranged from 59.2 to 75.0 kg, while that of dairy does ranged from 49.4 to 55.3 kg. Milk yield over a 7-month lactation period varied between 400 and 519 kg, with an average daily milk production of 1.9–2.5 kg. The obtained indicators met the minimum requirements established for dairy goats.

According to the research findings, the live weight of female kids at 4 months of age ranged from 21.8 to 23.6 kg, while that of male kids ranged from 23.0 to 29.4 kg. By the age of 8 months, these values increased to 31.7–34.0 kg and 34.8–38.7 kg, respectively. A positive correlation was identified between live weight and milk productivity (+0.159), as well as between milk productivity and protein content in milk (+0.053 to +0.198). The results indicate that goat productivity depends not only on breed characteristics but also on feeding and management conditions.

Conclusion. Under the natural and climatic conditions of Kazakhstan, crossbreeding is an effective approach to increasing milk productivity and growth rates of dairy goats. The results of this study can be recommended for use in the development of breeding improvement programs for dairy goat farming.

Keywords: goat milk; selection; goat breed; breeding; feeding ration; milk productivity.

Дәйексөз үшін: Жұмабек Б., Ақшалов Қ.А., Баймуканова О.Н., Бисетаев К.С., Пилипчук А.П., Байшоланов С.С. (2026). Топырақ өңдеу жүйелеріне байланысты топырақтың физикалық қасиеттерінің өзгерісі. *Еуразиялық агротехникалық журнал*, 2(130), 182-192. DOI: [https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2\(130\).2136](https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2(130).2136)

ӘОЖ 631.11:631.434

Зерттеу мақаласы

Топырақ өңдеу жүйелеріне байланысты топырақтың физикалық қасиеттерінің өзгерісі

Жұмабек Б. , Ақшалов Қ.А. , Баймуканова О.Н. 
Бисетаев К.С. , Пилипчук А.П. , Байшоланов С.С. 

А.И.Бараев атындағы Астық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығы
Ақмола облысы, Шортанды ауданы, Научный кенті

Автор-корреспондент: Жұмабек Б.: zhumabiek.84@mail.ru

Бірлескен авторлар: (1: КА) kanatakshalov@mail.ru;

(2: ОБ) olesya.baimukanova@mail.ru; (3: КБ) bissetayev.ks@gmail.com;

(4: АП) anny_astana@inbox.ru; (5: СБ) saken_baisholan@mail.ru

Келіп түсті: 22.04.2026 **Қабылданды:** 29.06.2026 **Жарияланды:** 30.06.2026

Авторлық құқық: Жұмабек, Б., т.б. Бұл мақала ашық қолжетімділікте жарияланып, Creative Commons Attribution 4.0 халықаралық лицензиясының шарттарына сәйкес таратылады (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Түйін

Алғышарттар мен мақсат. Тікелей себу және топырақты минималды өңдеу әлемдік егіншілік тәжірибесінде – топырақты аз өңдеуге негізделген әдіс ретінде 1 гектарға жұмсалатын энергия мен қаржылық шығындарды азайтудың, сондай-ақ көмірқышқыл газы шығарындыларын төмендетудің тиімді тәсілі ретінде қарастырылады. Зерттеу жұмысы Солтүстік Қазақстанның құрғақшылық аймағында ауыл шаруашылығы дақылдарын өсіру кезінде топырақтың физикалық қасиеттеріне әртүрлі топырақ өңдеу жүйелерінің әсерін зерттеуге бағытталды. Зерттеу жұмысының мақсаты әртүрлі топырақ өңдеу жүйелерінің топырақтың физикалық қасиеттерінің өзгерісіне тигізетін әсерін анықтау.

Материалдар мен әдістер. Танаптық зерттеулер «А.И. Бараев атындағы астық шаруашылығы ғылыми өндірістік орталығы» ЖШС-ның көп жылдық стационарлық тәжірибелік танабының ауыр құмбалшықты карбонатты оңтүстік қара топырақтарында жүргізілді. Егістік жердің координаты 51°35'19.8"N 71°03'11.2"E. Зерттеу нысанында топырақтың тығыздылығын, агрегаттық құрамын және суға төзімділігін анықтау үшін жалпы қолданыстағы әдістемелер бойынша әрбір тереңдіктен топырақ үлгілері алынды.

Нәтижелер. Мақалада карбонатты оңтүстік қара топырақтарды игеру және ұтымды пайдалану мақсатында жаздық бидайды ауысымсыз (бессменно) өсіру кезінде топырақ өңдеудің үш түрлі (дәстүрлі, минималды және тікелей себу) тәсілі салыстырмалы зерттелді. Зерттеу барысында минималды өңдеу және тікелей себу технологияларын ұзақ уақыт қолданғанда топырақтың физикалық қасиеттеріне оң әсер ететіні анықталды.

Қорытынды. Жүргізілген зерттеулер көрсеткендей, механикалық өңдеулерді қысқарту топырақтың физикалық қасиеттерін төмендетпейді. Топырақтың беткі 0-30 см тереңдіктегі көлемдік салмақ тікелей себу және минималды топырақ өңдеу жүйесінде тиісінше 1,25–1,28 г/см³ құраса, дәстүрлі өңдеуде 1,22 г/см³. Агрономиялық бағалы агрегаттардың (0,25–10 мм) мөлшері беткі 0–20 см қабатта 81,66–84,50% аралығында ауытқыды, ал дәстүрлі өңдеу жүйесінде ең төмен көрсеткіш (75,76%) анықталды. Суға төзімді агрегаттар мөлшері дәстүрлі және минималды өңдеуде 60,40–61,10% аралығында өзгерді, ал тікелей себуда бұл көрсеткіш ең жоғары мәнге ие болып 64,80%-ды құрады. Бұл өз кезегінде топырақтың физикалық қасиеттерін жақсартып, оның агроэкологиялық тұрақтылығын қамтамасыз етеді, ал дәстүрлі өңдеу топырақ құрылымының бұзылуына әкеледі.

Кілт сөздер: топырақ өңдеу; тікелей себу; минималды топырақ өңдеу; дәстүрлі топырақ өңдеу; топырақтың көлемдік салмағы; түйіртпектілік.

Кіріспе

Қазақстандағы егіншілік күрделі климаттық жағдайларда жүргізіледі, мұнда негізгі егіншілік аймақтардағы жылдық жауын-шашын мөлшері 200–350 мм құраса, ал ауыл шаруашылығы дақылдарының өсіп-даму кезеңінде, шамамен 120–140 мм ылғал түседі [1, 2, 3, 4]. Топырақ-ресурс үнемдеуші егіншілік (Conservation Agriculture) жүйесінің басты бағыттарының бірі ретінде тікелей себу (No-Till) жүйесі қарастырылады [5]. Аталған егіншілік жүйесі әлемде 205,4 млн га аумақты құраса, Канада мемлекетінде 21,7 млн га жерді алып жатыр [6]. Елімізде топырақ-ресурс үнемдеуші егіншілік қағидаттары, оның ішінде топырақты минималды өңдеу жүйелері, сондай-ақ тікелей себу шамамен 3,0 млн гектар аумақта қолданылады [7].

Тұрақты егіншілік жүйесі топырақты механикалық өңдеуді азайту (тікелей себу, минималды өңдеу жүйесі) сондай-ақ топырақ бетін сабан және өсімдік қалдықтарымен тұрақты жабуды қарастырады [8, 9]. Аталған тәсілдер топырақ жамылғысын жақсартып, құрылымының бұзылуын азайтып ондағы органикалық заттардың мөлшерін арттырып аймақтық егіншілік жүйесіне оң әсер ететіні анықталған [10]. Өсімдік қалдықтарын топырақ бетінде жиақтау топырақ құнарлығын арттырудың маңызды жолы болып табылады. Өсімдік қалдықтары біртіндеп топырақ микроорганизмдердің әсерінен ыдырап қарашірінді қорының толықтырылуына ықпал етеді, бұл жағдай өз кезегінде топырақ түйіртпектерінің қалыптасуына оңтайлы әсер етіп құрылымын жақсартады және тығыздалуын төмендетеді, сонымен қатар өсімдік қалдықтары булануды азайтады [11].

Топырақты өңдеу оның физикалық қасиеттеріне атап айтқанда, топырақ агрегаттарының қалыптасуы мен олардың тұрақтылығына және тығыздылығына тікелей әсер ететін негізгі антропогендік фактор. Сондықтан топырақ өңдеу технологиялары топырақтың агрегаттық күйін түрлі деңгейде өзгертіп, оның физикалық қасиеттеріне әсерін тигізеді. Осыған байланысты топырақ-ресурс үнемдейтін, оңтайлы топырақ өңдеу және себу жүйесін ғылыми негізде таңдау ауқымды экономикалық және экологиялық маңызға ие. Себебі көптеген ғалымдардың [11, 12] зерттеу нәтижелеріне сүйенсек тікелей себуді ұзақ уақыт пайдаланған кезінде топырақ тығыздылығының оптималды мәннен артпай төмендеуі, агрегаттық құрамының бұзылмай жақсарып тоң кесекті және шаңды түйіртпектердің азаятыны, желге төзімді түйіртпектер мен агрономиялық бағалы түйіртпектердің молайып, топырақтың суға төзімділігін арттырып, физикалық қасиеттерін жақсартатыны дәлелденген.

Тікелей себу технологиясында ең құнды ресурстардың бірі алғы дақылды жинағаннан кейін топырақ бетінде қалатын өсімдік қалдықтары болып табылады. Нәтижесінде топырақтағы микроағзалар мен пайдалы организмдердің тіршілік белсенділігі артып, әртүрлі алғы дақылдардан кейін жинақталған органикалық қалдықтардың ыдырауы жеделдейді [13]. Бұл өз кезегінде топырақтың физикалық қасиеттерінің жақсаруына септігін тигізеді. Осыған байланысты топырақ-ресурс үнемдейтін топырақ өңдеу және себу жүйесі (тікелей себу, минималды өңдеу жүйесі) кезінде топырақтың физикалық қасиеттерінің өзгеру динамикасын зерттеу маңызды.

Материалдар мен әдістер

Зерттеу нысаны – Ақмола облысы, Шортанды ауданы, «А.И. Бараев атындағы астық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС-ның көп жылдық стационарлық тәжірибелік танабының, ауыр құмбалшықты карбонатты оңтүстік қара топырағы. Зерттеу жұмыстары жалпы қолданыстағы әдістемелер бойынша жүргізілді. Тікелей себу жүйесінде топыраққа тікелей сепкішпен себуден басқа механикалық өңдеулер жүргізілмеді. Минималды өңдеу жүйесінде топырақ өңдеу тереңдігі мен саны азайтылды. Арамшөптерге қарсы құрамында глифосат бар гербицидтер қолданылды.

Тікелей себу жүйесі топырақ өңдеудің дәстүрлі және минималды жүйесімен салыстыра зерттелді. Себу жұмыстары «Amozone» компаниясының тікелей себуге арналған «Condor 12001» сепкіші арқылы жүргізілді.

Зерттеу нысандарында егін жинағаннан кейін топырақ кескіндері қазылып, топырақ үлгілері алынды. Тәжірибе алаңының топырағы ауыр құмбалшықты карбонатты оңтүстік қара топырақ. Топырақ кескіні келесідей қабаттардан тұрады: А- В1 -В2 - ВСК – С генетикалық қабаттар түсі мен түйіртпектілігі бойынша ажыратылады. А қабатының түсі қара, шанды-кесекті, ал В1 аралық қабатының түсі сарғыш-қоңыр түсті, кесекті түйіртпекті, төменгі В2 қарашірінді тілдер қабаты сарғыш-қоңыр түсті, әр текті боялған гумус ағындарының қара түсі мен аналық тау жыныстарының ашық түсті сынашалары қалыптасқан, кесекті-призмалы түйіртпекті. ВСК карбонатының түсі ақшылт сарғыш, карбонаттар ақ дақтар түрінде жинақталған, кесекті түйіртпекті, бұл қабат біртіндеп ашық-сары түсті аналық тау жынысы қабатына ауысады. Топырақ кескіні түз қышқылынан А қабатынан бастап қайнайды.

Алынған топырақ үлгілерінен келесідей талдаулар жүргізілді:

Топырақ тығыздылығын 0–7,5; 7,5–15,0; 15,0–22,5; 22,5–30 және 30–40 см топырақ қабаттарынан *Н.А. Качинский* (1965) және *А.Д.Воронин* (1988) әдісі бойынша цилиндр арқылы анықталды [14].

Топырақтың агрегаттық құрамы мен суға төзімділігі – *Н.И. Саввинов* әдісі бойынша құрғақ және сулы елеу тәсілдерімен анықталды. Ауалы құрғақ топырақты електер арқылы келесідей фракцияларға бөлінді (құрғақ елеу): 10 мм, 10-7 мм, 7-5 мм, 5-3 мм, 3-2 мм, 2-1 мм, 1-0,5 мм, 0,5-0,25 мм және 0,25 мм-ден кіші, әр бір фракция жеке жиналып, өлшенді және оның пайыздық мөлшері есептелді. 0,25 мм-ден кіші фракцияның мөлшері талдау үшін алынған топырақ салмағы мен 0,25 мм-ден ірі барлық фракциялар салмағының қосындысы арасындағы айырмашылық бойынша есептелді. Талдауға алынған топырақ үлгісінің жалпы салмағы 100%.

Нәтижелер

Топырақтың физикалық қасиеттері мен онда жүретін физикалық үрдістер топырақ құнарлылығын қалыптастырудағы негізгі факторлардың бірі болып табылады. Сондықтан топырақты ауыл шаруашылығында пайдалану барысында оның физикалық қасиеттері мен онда жүріп жатқан физикалық үрдістерді зерттеу және оларды агрономиялық тұрғыдан бағалау өте маңызды [15].

Солтүстік Қазақстанның ылғалдылығы жеткіліксіз дала аймақшасында таралған карбонатты оңтүстік қара топырақтар оңтайлы физикалық қасиеттерімен ерекшеленеді, дей тұрғанмен, аталған топырақтарды, ауыл шаруашылығында үздіксіз пайдалану кезінде қолданылатын әртүрлі топырақ өңдеу жүйесі, олардың физикалық қасиеттеріне әртүрлі әсер ететіні белгілі. Осыған орай топырақ өңдеу жүйесінің тиімді жолдарын зерттеу өзекті.

Ауыл шаруашылығы дақылдарының өсіп-өніп өнім беруі үшін топырақ тығыздылығының оңтайлы болуы қажет. Топырақ тығыздылығына оның минерологиялық және механикалық құрамы әсер етеді [16].

Гранулометриялық құрамы жеңіл топырақтарда тығыздылық $1,6 \text{ г/см}^3$ дейін жеткенде өсімдіктер өзін жақсы сезінсе, гранулометриялық құрамы ауыр топырақтардың жыртылатын қабатындағы тығыздылық $1,3 \text{ г/см}^3$ болғанда өсімдіктер үшін қолайсыз болып табылады [17]. Өсімдіктер үшін қолайлы топырақ тығыздылығы $1,0\text{--}1,2 \text{ г/см}^3$ [18]. Топырақтағы органикалық заттардың мөлшері молайған сайын оның тығыздылық көрсеткіші жақсара түседі.

Топырақты өңдеу оның тығыздылығына әсерін тигізеді, ғалымдардың [11, 12] зерттеулеріне сүйенер болсақ тікелей себу жүйесін ұзақ уақыт қолданғанда топырақ тығыздығының оңтайлы қалыптасуы байқалады, бұл үрдіске ең алдымен өсімдік қалдықтарының жыл сайын жинақталуынан мульча қабатын түзуімен байланыстырады, мульча топырақ ылғалының булануын тежеп топырақтың шамадан тыс тығыздалуын азайтады деп есептейді.

Зерттелген карбонатты оңтүстік қара топырақтардың беткі 0–7,5 см тереңдігінде топырақтың тығыздылығы оңтайлы $1,04\text{--}1,07 \text{ г/см}^3$ аралығында ауытқыды (1-кесте).

1-кесте – Карбонатты оңтүстік қара топырақтың тығыздылығына әртүрлі топырақ өңдеу жүйесінің әсері, г/см³

Алғы дақыл	Топырақ өңдеу жүйесі	Үлгі алу тереңдігі, см					
		0–7,5	7,5–15	15,0–22,5	22,5–30	30–40	0–30
Ауыстырылмайтын бидай, 1979–2025 жж.	Тікелей себу	1,04	1,26	1,34	1,37	1,38	1,25
	Минималды	1,07	1,32	1,38	1,36	1,36	1,28
	Дәстүрлі	1,04	1,25	1,28	1,31	1,32	1,22
	НСР _{0,05}						0,02

Бұл себеп тікелей себу нұсқасының беткі қабатында көп жылдық аңыз сабағы қалдықтарының жиналуынан болса, минималды және дәстүрлі өңдеу нұсқаларында топырақ өңдеудің әсері тиген. Бірақ топырақтың төменгі 7,5–15,0 см тереңдігінде бұл көрсеткіш бірден 1,25–1,32 г/см³ дейін молайып, 30–40 см тереңдікте 1,32–1,38 г/см³ дейін жоғарылаған.

Минималды өңдеу нұсқасында топырақтың беткі 0–7,5 см қабатында 1,07 г/см³ болса, 7,5–15,0 және 15,0–22,5 см тереңдіктерінде тікелей себу және дәстүрлі өңдеу нұсқаларымен салыстырғанда бірден артып тиісінше 1,32 және 1,38 г/см³ дейін жоғарлады. Бұл өзгеріс жыртылма қабаттың таяз өңделуімен байланысты. Төменгі 22,5–30,0; 30–40 см тереңдіктерде бұл көрсеткіш 1,36 г/см³ құрады.

Кестеде берілгендей топырақтың 7,5–15,0 және 15,0–22,5 см тереңдікте минималды өңдеу нұсқасымен салыстырғанда тікелей себу нұсқасында көлемдік салмақ тиісінше 0,6 және 0,4 г/см³ төмен екені анықталды, Е.Б. Дрѐна және басқалардың [19] зерттеулері бойынша тікелей себу нұсқасындағы көп жылдық аңыз сабақтарының жинақталып топырақты органикалық заттармен толықтырып отыруы, сонымен қатар топыраққа механикалық әсердің азаюы нәтижесінде топырақ құрылымы бұзылмай кеуек қуыстардың сақталуынан екені анықталған. Топырақ кескінімен аталған көрсеткіш біртіндеп артып төмегі 30–40 см тереңдікте 1,38 г/см³ құрады.

Дәстүрлі өңдеу нұсқасында топырақтың тығыздығы басқа нұсқалармен салыстырғанда төмен болды. 0–30 см қабаттағы орташа тығыздық дәстүрлі өңдеуде 1,22 г/см³ болса, бұл көрсеткіш тікелей себуде 1,25 г/см³, ал минималды өңдеуде 1,28 г/см³ құрады. Осыған ұқсас үрдіс барлық зерттелген қабаттарда байқалды, 15,0–22,5 см қабатында дәстүрлі өңдеуде тығыздық 1,28 г/см³, ал тікелей себуде 1,34 г/см³ және минималды өңдеуде 1,38 г/см³ болды. Аталған нұсқада топырақ тығыздығының оңтайлы болып қалыптасуы топырақ өңдеудің әсері деп есептейміз. Сонымен қатар, барлық нұсқаларда анықталған тығыздық мәндері өсімдіктер үшін шекті деңгейден төмен болды.

Топырақ түйіртпектілігі топырақ түзілу үрдісінің ерекшелігін, бағытын көрсететін, топырақ құнарлылығы факторларының ең маңыздысы. Түйіртпектіліктің қалыптасуы ірі түйірлерінің бөлінуінен және төзімді түйірлерінің құралуынан пайда болады, ал түйіртпектердің сапасы оның көлемімен, сыртқы механикалық әсерге беріктілігімен және ылғалға төзімділігімен анықталады. 0,25–10 мм аралығындағы түйіртпектер агрономиялық тұрғыдан бағалы деп есептеледі [18].

Агрономиялық бағалы агрегаттардың кеміп ірі тоң кесектердің көбеюі ауылшаруашылығы дақылдарының өнімділігін төмендетеді [20]. Топырақ түйіртпектерінің сапасы мен суға төзімділігі оның су өткізгіштігіне, ылғал сақтау қабілетіне, ауа құбылымына және эрозиялық үрдістерге төзімділігіне тікелей әсер етеді. Агрономиялық бағалы агрегаттар молайып суға төзімді агрегаттардың мөлшері артқан сайын топырақтың су-физикалық қасиеттері жақсарып дақылдар өнімділігі артады.

2-кестеде берілгендей зерттелінген нұсқалардағы топырақ түйіртпектілігі өте жақсы және жақсы деп бағаланады [21].

Зерттеу жұмыстарының нәтижелері көрсеткендей, тікелей себу нұсқасы топырағында агрономиялық бағалы түйіртпектер мөлшері мол, яғни топырақтың 0–20 см тереңдігінде – 84,50% және 20–40 см – 82,02% құраса, ал түйіртпектілік коэффициенті тиісінше 5,45 және 4,56-ға тең болды (2-кесте). Бұл көрсеткіштер, топырақ түйіртпектілігінің оңтайлы қалыптасып, агрофизикалық қасиеттерінің жақсарғанын көрсетеді.

2-кесте – Карбонатты оңтүстік қара топырақтардың агрегаттық құрамына әр түрлі топырақ өңдеу жүйесінің әсері, %

Үлгі алу тереңдігі, см	Агрегаттардың мөлшері									10-0,25 мм	Түйік коэфті
	> 10 мм	10-7 мм	7-5 мм	5-3 мм	3-2 мм	2-1 мм	1-0,5 мм	0,5- 0,25 мм	< 0,25 мм		
Тікелей себу											
0-20 см	9,81	9,03	9,73	14,00	5,86	20,96	16,49	8,44	5,68	84,50	5,45
20-40 см	11,35	11,51	9,53	12,91	4,44	18,49	15,81	9,33	6,63	82,02	4,56
Минималды өңдеу											
0-20 см	10,61	10,03	9,46	13,05	4,59	18,18	16,59	9,76	7,73	81,66	4,45
20-40 см	14,85	10,29	8,77	11,50	4,51	14,77	15,25	11,50	8,56	76,59	3,27
Дәстүрлі өңдеу											
0-20 см	12,85	7,53	6,19	9,70	3,98	14,40	17,74	14,22	13,39	75,76	3,12
20-40 см	12,80	7,64	6,97	14,74	5,05	16,36	14,97	10,75	10,72	76,48	3,25

Минималды өңдеу нұсқасының 0-20 см топырақ қабатында агрономиялық бағалы түйіртпектер мөлшері біршама төмендеп 81,66% болса, ал дәстүрлі өңдеуде айтарлықтай азайғаны анықталып 75,76% құрады. Сонымен қатар дәстүрлі өңдеу нұсқасында, ұсақ микроагрегаттардың (< 0,25 мм) үлесі жоғарлаған (13,39%), бұл топырақтың құрылымдық деградацияға ұшырау тенденциясын көрсетеді. И.А. Вольтерс және басқалардың [22] зерттеулері бойынша, мұндай өзгерістер топырақты ауыл шаруашылығында пайдаланған кезде, механикалық өңдеудің әсерінен топырақ агрегаттарының ұсақталып, түйіртпектіліктің бұзылатыны анықталған. Төменгі қабаттарда (20–40 см) аталған көрсеткіш мөлшері бір деңгейде болып, минималды өңдеуде 76,59% дәстүрлі өңдеуде 76,48% құрады.

Топырақтың түйіртпектілік коэффициенті, оның агрегаттық құрамымен тығыз байланысты, зерттеу нұсқалары ішінде дәстүрлі өңдеу нұсқасының беткі қабатында агрономиялық бағалы түйіртпектілік азайғандықтан топырақ түйіртпектілік коэффициентіде сәйкесінше аз дегенмен, барлық зерттеу нұсқаларында топырақтың түйіртпектілік коэффициентінің бағалануы 1,5-тен жоғары болып өте жақсы деп бағаланды. Зерттеу нұсқалары ішінде түйіртпектілік коэффициентінің ең жоғары көрсеткіші тікелей себу нұсқасында болып 5,45% болса, ең төменгі мән (3,12%) дәстүрлі өңдеу жүйесінде анықталды.

Карбонатты оңтүстік қара топырақтарды құрғақ елеу кезінде алынған әрбір фракцияның орташа үлгісінен оның суға төзімділігі анықталды. Суға төзімді агрегаттардың мөлшерін анықтау оның физикалық қасиеттеріне баға беру үшін өте маңызды көрсеткіш болып табылады. Суға төзімді агрегаттар, суды жеңіл сіңіріп оны өз бойында ұзақ ұстап тұра алады және өсімдік тамырлары мен микроорганизмдердің тіршілік әрекетіне оңтайлы борпылдақ құрылымды болып келеді [23].

Әртүрлі топырақ өңдеу технологияларының карбонатты оңтүстік қара топырақтың суға төзімді агрегаттар көрсеткішіне әсері 3-кестеде келтірілген.

3-кесте – Карбонатты оңтүстік қара топырақтың суға төзімді агрегаттар құрамына әртүрлі топырақ өңдеу жүйесінің әсері, %

Үлгі алу тереңдігі, см	Агрегаттардың мөлшері						>0,25 агрег. Жиынтығы
	5–3	3–2	2–1	1–0,5	0,5–0,25	<0,25	
Тікелей себу							
0-20 см	1,8	2,1	6,0	21,7	33,2	35,2	64,8
20-40 см	1,3	2,5	8,0	22,3	34,3	31,6	68,4
Минималды өңдеу							

3-кестенің жалғасы

0-20 см	1,3	1,9	8,5	18,8	34,0	37,2	61,1
20-40 см	1,9	2,2	7,9	17,8	32,8	37,4	62,6
Дәстүрлі өңдеу							
0-20 см	0,9	1,0	3,8	12,1	42,6	39,6	60,4
20-40 см	7,5	5,7	16,9	13,5	24,2	32,2	67,8

Талдау нәтижелері көрсеткендей, зерттеуге алынған барлық нұсқаларда топырақтың суға төзімді агрегаттарының көрсеткіші жақсы деп бағаланды. Тікелей себу нұсқасында, суға төзімді агрегаттар ($>0,25$ мм) жиынтығы жоғары деңгейде қалыптасқан (0–20 см – 64,8%; 20–40 см 68,4%). Бұл жағдай, топырақ құрылымының су әсеріне төзімділігінің, салыстырмалы түрде жоғары екенін көрсетеді.

Минималды өңдеу нұсқасында, аталған көрсеткіш біршама төмен (61,1-62,6%), ал дәстүрлі өңдеуде 60,4–67,8% аралығында өзгергенімен, агрегаттардың фракциялық құрылымы қолайсыз бағытта қалыптасып, дәстүрлі өңдеу нұсқасының беткі қабатында 0,25 мм кіші фракциялардың үлесі жоғары (39,6%). Егістік жерді ұзақ уақыт бойы ауыл шаруашылығында пайдаланған кезде, қара топырақ құрылымының суға төзімділігінде, айтарлықтай өзгерістер орын алатыны анықталған [24].

Талқылау

Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, әртүрлі топырақ өңдеу технологиялары топырақтың тығыздығына, агрегаттар мөлшеріне және суға төзімді агрегаттардың қалыптасуына айтарлықтай әсер ететіні анықталды және алынған нәтижелер өзге де ғалымдардың зерттеулерімен сәйкес келеді.

Тікелей себу технологиясында топырақ өңдеу жұмыстары жүргізілмейтіндіктен зерттеудің алғашқы жылдарында топырақ тығыздылығы біршама жоғары болуы мүмкін, осыған байланысты ғалымдар [25] аталған технологияның әсерін қолдану ұзақтығымен байланыстырады, яғни тікелей себу жүйесін ұзақ уақыт қолдану кезінде топырақ бетінде өсімдік қалдықтарының жинақталуы онда жүріп жатқан үрдістерге оң әсерін тигізеді. Еліміздің солтүстік өңірінде жүргізілген зерттеулерде де тікелей себу және минималды топырақ өңдеу жүйелерінде топырақты өңдеуден ішінара немесе толықтай бас тарту топырақтың негізгі су-физикалық қасиеттерін төмендетпейтінін келтіріп, өнімді ылғал қорын сақтауға мүмкіндік беріп, топырақ тығыздылығының оңтайлы дәрежеде сақталатынын көрсеткен [12].

Құрғақшылық жағдайларда, топырақ өңдеу жүйесін минимализациялау, топырақтың агрегаттық құрамына және жыртылатын қабаттың тығыздылығына теріс әсер етпейді. Топырақтың тығыздылығы еріген қар суларының сіңіуіне айтарлықтай әсер етеді. Зерттеулер көрсеткендей, көктемгі кезеңде топырақтың жібуі, топырақтың жыртылатын қабатының агрегаттық күйіне байланысты [26].

Тікелей себу жүйесін қолданудың алғашқы жылдарында топырақтың тығыздылығы айтарлықтай өзгередіні белгілі [27]. Біздің зерттеулеріміз көрсеткендей, топырақтың 0–7,5 см қабатындағы тығыздығы, дәстүрлі өңдеу жүйесінде $1,04 \text{ г/см}^3$, тікелей себуда және минималды топырақ өңдеу жүйесінде, топырақтың тығыздылығы артпағаны анықталды. Осыған сәйкес нәтижелер Канадалық ғалымдардың зерттеулерінде де кездеседі [27].

Қазақстанның ылғалдылығы жеткіліксіз дала аймағында жүргізілген зерттеулерде тікелей себу және минималды өңдеу технологиялары топырақтың тығыздығын оңтайлы деңгейде сақтайтыны, сонымен қатар ылғал қорын тиімді пайдалануға мүмкіндік беретіні дәлелденген [28].

Карбонатты оңтүстік қара топырақтарда жүргізілген зерттеулер көрсеткендей, тікелей себу технологиясы топырақтың агрегаттық құрылымын жақсартып, суға төзімді агрегаттардың үлесін арттыратынын көрсетті. Бұл өз кезегінде топырақтың физикалық қасиеттерін жақсартып, агроэкологиялық тұрақтылығын арттырды. Дәстүрлі өңдеу топырақ құрылымының бүлінуіне алып келетіні анықталды. Сондықтан Қазақстанның ылғалдылығы жеткіліксіз дала аймағы топырақтарының құнарлығын сақтап әрі арттыру және физикалық қасиеттерін оңтайлы деңгейде

қалыптастыру үшін топырақ-ресурс үнемдейтін топырақ өңдеу және себу жүйесін қолдану тиімді болып табылады.

Қорытынды

Агроландшафтардағы топырақ деградациясы белгілерінің бірі оның физикалық қасиеттерінің теріс бағытта қалыптасуы болып табылады, бұл үрдіс топырақ құнарлығын төмендетіп ауыл шаруашылығы дақылдарынан алынатын өнімнің сапасы мен мөлшерін төмендетеді. Карбонатты оңтүстік қара топырақтарда тікелей себу технологиясын ұзақ уақыт (1979-2025 жж.) қолданғанда топырақтың беткі қабатында аңыз сабағы қалдықтарының мол жинақталуы нәтижесінде көлемдік салмақтың оңтайлы қалыптасатыны анықталды 0-7,5 см 1,04 г/см³, 7,5-15,0 см 1,26 г/см³.

Зерттелінген минималды өңдеу және тікелей себу нұсқаларында агрономиялық бағалы агрегаттардың (0,25–10 мм) мөлшері беткі 0–20 см қабатта тиісінше 81,66%-84,50% аралығында ауытқып С.И. Долгов және П.У. Бахтинның жіктеулеріне сәйкес өте жақсы деп бағаланса, ал дәстүрлі өңдеу нұсқасында ең төмен мән (75,76%) анықталып жақсы деген баға берілді. Суға төзімді агрегаттар мөлшерін анықтау барысында ең жоғарғы мән тікелей себу нұсқасында анықталды (64,8%), дәстүрлі өңдеуде бұл көрсеткіш аз (60,4%).

Авторлардың қосқан үлесі

БЖ, КА: зерттеудің мақсаты мен міндеттерін анықтап, тәжірибе жүргізіп алынған деректерді талдап, мақаланың мәтінін жазды. ОБ, КБ, АП, СБ: эксперименттік деректерді жинау, әдебиеттерге шолу дайындау, мәтінді тексеру және редакция жасады. Барлық авторлар қолжазбаның соңғы нұсқасын оқып, танысып жариялауға ұсынуды мақұлдады.

Қаржыландыру туралы ақпарат

Аталған зерттеулер Қазақстан Республикасы Жоғары Білім және ғылым министрілігінің Ғылым комитеті тарапынан 2024-2026 жылдарға арналған бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру шеңберінде қаржыландырылатын BR24993222 «Тұрақты даму жағдайында Солтүстік Қазақстан облысы аумағының табиғи-экономикалық дамуының шешімдерін қолдау жүйесін құру» ғылыми-техникалық бағдарламасын іске асыру аясында орындалды.

Әдебиеттер тізімі

- 1 Байшоланов, С., Акшалов, К., Муканов, Ю., Жумабек, Б., Каракулов Е. (2025). Агроклиматическое зонирование территории Северного Казахстана для зонирования сельскохозяйственных культур в условиях изменения климата. *Климат*, 13(1), 3. DOI: 10.3390/cli13010003.
- 2 Байшоланов, С.С., Клещенко, А.Д., Мусатаева, Г.Б., Габбасова, М.С., Жакиева, А.Р., Муканов, Е.Н., Акшалов, К.А., Чернов, Д.А. (2017). *Агроклиматические ресурсы Акмолинской области: научно-прикладной справочник*. Астана: 133.
- 3 Илякова, Р.М., Долгих, С.А., Смирнова, Е.Ю., Курманова, М.С., Белдеубаев, Е.Е. (2019). *Ежегодный бюллетень мониторинга состояния и изменения климата Казахстана: 2018 год*. Астана: 54.
- 4 IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for policymakers. In: Stocker T.F., Qin D., Plattner G.K., Tignor M., Allen S.K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V., Midgley P.M. (eds.). (2013). *Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- 5 Nicoloso, R.S., Rice, C.W. (2021). Intensification of no-till agricultural systems: An opportunity for carbon sequestration. *Soil Science Society of America Journal*, 85(5), 1395–1409. DOI:10.1002/saj2.20260.
- 6 Kassam, A., Friedrich, T., Derpsch, R. (2022). Successful Experiences and Lessons from Conservation Agriculture Worldwide. *Agronomy*, 12(4), 769. DOI:10.3390/agronomy 12040769.

7 Сулейменов, М.К. (2013). *Основы ресурсосберегающей системы земледелия в Северном Казахстане - плодосмен и нулевая или минимальная обработка почвы*. Сб. науч. Трудов. Астана-Шортанды: 16–26.

8 Mueller, L., Suleimenov, M., karimov, A., Qadir, M., Saparov, A., Balgabayev, N. Helming K. (2014). *Gunnar Lischeid Land and Water Resources of Central Asia, Their Utilisation and Ecological Status. Novel Measurement and Assessment Tools for Monitoring and Management of Land and Water Resources in Agricultural Landscapes of Central Asia*. London: Springer, 3–60.

9 Wozniak, A., Soroka, M. (2018). Effect of crop rotation and tillage system on the weed infestation and yield of spring wheat and soil properties. *Appl. Ecol. Environ. Res.*, 16, 3087–3096.

10 Куньпияева, Г.Т., Жапаев, Р.К., Бастаубаева, Ш.О., Оспанбаев, Ж., Майбасова, А.С., Жусупбеков, Е.К. (2024). Структурно-агрегатный состав и водопрочность почвы в зависимости от способов обработки почвы в условиях юго-востока Казахстана. *Ізденістер, нәтижелер*, 2, 284–294.

11 Turebayeva, S., Zhapparova, A., Kekilbayeva, G., Kenzhegulova, S., Aisakulova, K., Yesseyeva, G., Bissembayev, A., Sikiric, B., Sydyk, D., Saljnikov, E. (2022). Development of Sustainable production of rainfed winter wheat with No-Till technologies in Southern Kazakhstan. *Agronomy*, 12(4), 950. DOI:10.3390/agronomy12040950.

12 Әуесханов, Д.Ә., Акшалов, К.А., Кужинов, М.Б. (2020). Топырақ өңдеу жүйелеріне байланысты топырақтың су-физикалық қасиеттері. *С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университетінің Ғылым жаршысы (пәнаралық)*, 4(107), 60-69.

13 Baker, C.J., Saxton, K.E., Ritchie, W.R., Chamen, C.T., Reicosky, D.C., Ribeiro, F., Justice, S.E., Hobbs, P.R. (2007). No-tillage seeding in conservation agriculture. *CAB International*, 341

14 Определение плотности сложения почвы (Качинский Н.А., 1965; Воронин А.Д. 1988).

15 Долгов, С.И. (1966). *Агрофизические методы исследования почв*. Издательство «Наука». Москва: 257.

16 Кауричев, И.С. (1975). *Почвоведение*. Изд. 2-е, перер. и доп. М.: Колос, 496.

17 Шевин, Е.В. (2005). *Курс физика почв. учебник*. М.: Изд-во МГУ, 432.

18 Тайжанов, Ш.Т., Амралин, А.О., Қошқаров, Н.Б., Кенжеғұлова, С.О. (2013). *Топырақтану және геология негіздері*. Оқулық. Астана: Фолиант, 392.

19 Дрёпа, Е.Б., Голубь, А.С. (2014). Физические свойства почвы при применении технологии No-Till. *Растениеводство Вестник АПК*, 4(16), 181–185.

20 Гармашов, В.М., Говоров, В.Н., Крячкова, М.П. (2021.) Влияние различных способов основной обработки почвы на структурно-агрегатный состав чернозема обыкновенного и урожайность однолетних трав. *Аграрная Россия*, 6, 2–17.

21 Кенжеғұлова, С.О. (2016). *Топырақтану*. Оқу құралы. С.Сейфуллин атындағы КАТУ. Астана: 106.

22 Вольтерс, И.А., Власова, О.И., Передериева, В.М., Дрепа, Е.Б. (2020.) Эффективность применения технологии прямого посева при возделывании полевых культур в засушливой зоне Центрального Предкавказья. *Земледелие*, 3, 14–18.

23 Тазабеков, Т. т.б. (1998). *Жалпы топырақтану*. Оқулық. Алматы: Агоруниверситет баспасы, 135.

24 Мамонтов, В.Г., Родионова, Л.П., Артемьева, З.С., Крылов, В.А., Клышбекова, Г.К. (2019). агрогенная и постагрогенная трансформация структурного состояния чернозема типичного Курской области. *Международный сельскохозяйственный журнал*, 5(371), 35–39.

25 Blanco Canqui, H., Ruis, S.J. (2018). No-tillage and soil physical environment. *Geoderma*. 326. 164-200. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.03.011>

26 Haselow, L., Rupp, H., Meißner, R., Akshalov, K. (2020). Research study on the soil water balance in the steppe. Research study on the soil water balance in the steppe of Kazakhstan. *Wasser Wirtschaft*, 110(4), 34–40.

27 Nielsen, D.C., Vigil, M.F. (2010). Precipitation storage efficiency during fallow in wheat-fallow systems, *Agron J.*, 102, 537–543.

28 Акшалов, К.А., Әуесханов, Д.Ә., Кужинов, М.Б., Баймуканова О.Н. Жаздық бибайдың тұқым сапасына және өнімділігіне топырақ өңдеу жүйесінің әсері (2021). *С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университетінің Ғылым жаршысы (пәнаралық)*, 1(108), 91-101.

References

- 1 Baisholanov, S., Akshalov, K., Mukanov, Y., Zhumabek, B., Karakulov, E. (2025). Agroklimaticheskoe zonirovaniye territorii Severnogo Kazakhstana dlya zonirovaniya selskokhozyaystvennykh kultur v usloviyakh izmeneniya klimata. *Climat*, 13(1), 3. DOI: 10.3390/cli13010003.
- 2 Baisholanov, S.S., Kleshenro, A.D., Musataeva, G.B., Gabbasova, M.S., Zhakieva, A.R., Mukanov, E.N., Akshalov, K.A., Chernov, D.A. (2017). *Agroklimaticheskie resursy Akmolinskoi oblasti: nauchno-prikladnoi spravochnik*. Astana: 133.
- 3 Ilyakova, R.M., Dolgikh, S.A., Smirnova, E.Yu., Kurmanova, M.S., Beldeubaev E.E. (2019). *Ezhegodnyi byulleten monitoringa sostoyaniya i izmeneniya klimata Kazakhstana: 2018 god*. Astana: 54.
- 4 IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change (2013) Summary for policymakers. In: Stocker T.F., Qin D., Plattner G.K., Tignor M., Allen S.K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V., Midgley P.M. (eds.), *Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- 5 Nicoloso, R.S., Rice, C.W. (2021). Intensification of no-till agricultural systems: An opportunity for carbon sequestration. *Soil Science Society of America Journal*, 85(5), 1395–1409. DOI:10.1002/saj2.20260.
- 6 Kassam, A., Friedrich, T., Derpsch, R. (2022). Successful Experiences and Lessons from Conservation Agriculture Worldwide. *Agronomy*, 12(4), 769. DOI:10.3390/agronomy12040769.
- 7 Suleimenov, M.K. (2013). *Osnovy resursosberegayushchei systemy ztmledeliya v Severnom Kazakhstane – pljdjsmen i nulevaya ili minimal'naya obrabotka pochvy*. In *Sbornik nauchnykh trudov Astana-Shortandy*: 16–26.
- 8 Mueller, L., Suleimenov, M., karimov, A., Qadir, M., Saparov, A., Balgabayev, N. Helming K. (2014). *Gunnar Lischeid Land and Water Resources of Central Asia, Their Utilisation and Ecological Status. Novel Measurement and Assessment Tools for Monitoring and Management of Land and Water Resources in Agricultural Landscapes of Central Asia*. London: Springer, 3–60.
- 9 Wozniak, A., Soroka, M. (2018). Effect of crop rotation and tillage system on the weed infestation and yield of spring wheat and soil properties. *Appl. Ecol. Environ. Res.*, 16, 3087–3096.
- 10 Kunypiyaeva, G.T., Zhapayev, R.K., Bastaubayeva, Sh.O., Ospanbayev, Zh., Maybasova, A.S., Zhusupbekov, E.K. (2024). Strukturno-agregatnyy sostav i vodoprochnost' pochvy v zavisimosti ot sposobov obrabotki pochvy v usloviyakh yugo-vostoka Kazakhstan. *Izdenister, natizheler*, 2, 284–294.
- 11 Turebayeva, S., Zhapparova, A., Kekilbayeva, G., Kenzhegulova, S., Aisakulova, K., Yesseyeva, G., Bissembayev, A., Sikiric, B., Sydyk, D., Saljnikov, E. (2022). Development of sustainable production of rainfed winter wheat with no-till technologies in Southern Kazakhstan. *Agronomy*, 12(4), 950. DOI:10.3390/agronomy12040950.
- 12 Äueshanov, D.Ä., Akshalov, K.A., Kujinov, M.B. (2020). Topyraq öñdeu jüielerine bailyanysty topyraqtyñ su-fizikalıyq qasietteri. S. *Seifullin atyndağy Qazaq agrotehnikalyq universitetiniñ Ğylym jarǵysy (pänaralyq)*, 4(107), 60–69.
- 13 Baker, C.J., Saxton, K.E., Ritchie, W.R., Chamen, C.T., Reicosky, D.C., Ribeiro, F., Justice, S.E., Hobbs, P.R. (2007). No-tillage seeding in conservation agriculture. *CAB International*, 341
- 14 Kachinsky, N.A. (1965); Voronin A.D. (1988). *Opredeleniye plotnosti slozheniya pochvy*.
- 15 Dolgov, S.I. (1966). *Agrofizicheskiye metody issledovaniya pochv*. Moscow: Nauka. 257.
- 16 Kaurichev, I.S. (1975). *Pochvovedeniye (2nd ed., rev. and expanded)*. Moscow: Kolos. 496.
- 17 Shevin, E.V. (2005). *Kurs fiziki pochv: Uchebnik*. Moscow: izd-vo MGU, 432.
- 18 Taizhanov, Sh.T., Amralin, A.O., Koshkarov, N.B., Kenzhegulova, S.O. (2013). *Topyraqtanu Zhane geologiya negizderi: Oqulyq*. Astana: Foliant, 392.
- 19 Dryopa, E.B., Golub, A.S. (2014). Fizicheskiye svoystva pochvy pri primenenii tekhnologii No-Till. *Rastenievodstvo: Vestnik*, 181–185.
- 20 Garmashov, V.M., Govorov, V.N., Kryachkova, M.P. (2021). Vliyaniye razlichnykh sposobov osnovnoy obrabotki pochvy na strukturno-agregatnyy sostav chernozema obyknovennogo i urozhaynost' odnoletnikh trav. *Agrarnaya Rossiya*, 6, 2–17.
- 21 Kenzhegulova, S.O. (2016). *Topyraqtanu: Oqu quraly*. Astana: S.Seifullin atyndağy KATU, 106.

22 Volters, I.A., Vlasova, O.I., Perederieva, V.M., Dryopa, E.B. (2020). Effektivnost' primeneniya tekhnologii pryamogo poseva pri vozdeleyvanii polevykh kul'tur v zasushlivoy zone Tsentral'nogo Predkavkaz'ya. *Zemledelie*, 3, 14–18.

23 Tazabekov, T., et al. (1998). *Zhalpy topyraqtanu: Oqulyq*. Almaty: Agrouniversitet baspasy, 135.

24 Mamontov, V.G., Rodionova, L.P., Artemyeva, Z.S., Krylov, V.A., Klyshbekova, G.K. (2019). Agrogennaia i postagrogennaia transformatsiya strukturnogo sostoyaniya chernozema tipichnogo Kursky oblasti. *Mezhdunarodnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal*, 5(371), 35–39.

25 Blanco Canqui, H., Ruis, S.J. (2018). No-tillage and soil physical environment. *Geoderma*. 326. 164-200. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.03.011>

26 Haselow, L., Rupp, H., Meißner, R., Akshalov, K. (2020). Research study on the soil water balance in the steppe. Research study on the soil water balance in the steppe of Kazakhstan. *Wasser Wirtschaft*, 110(4), 34–40.

27 Nielsen, D.C., Vigil, M.F. (2010). Precipitation storage efficiency during fallow in wheat-fallow systems, *Agron J.*, 102, 537–543.

28 Akshalov, K. A., Aueskhanov, D. Á., Kuzhinov, M. B., & Baimukanova, O. N. (2021). Jazdyq bidaidyń tuqym sapasyna jáne ónimdiligine topyraq óńdeu júesiniń áseri. *S. Seifullin atyndaǵy Qazaq agrotehnikalyq universitetiniń Ğylym jarǵysy (Pánaaralyq)*, 1(108), 91–101.

Динамика изменения физических свойств почвы в зависимости от систем обработки почвы

Жұмабек Б., Акшалов Қ.А., Баймуқанова О.Н., Бисетаев К.С., Пилипчук А.П., Байшоланов С.С.

Аннотация

Предпосылки и цель. Прямой посев и минимальная обработка почвы в мировой практике земледелия рассматривается как способ уменьшения энергетических, финансовых затрат на 1 гектар, как способ снижения эмиссии углекислого газа. Исследование было направлено на изучение влияния систем обработки почвы на физические свойства почвы при выращивании сельскохозяйственных культур в засушливых условиях Северного Казахстана. Цель исследований – определить влияние систем обработки почвы на изменение физических свойств почвы.

Материалы и методы. Полевые исследования проводились в многолетнем стационарном опытном участке ТОО «Научно-производственный центр зернового хозяйства имени А.И. Бараева» на тяжёлосуглинистых карбонатных южных чернозёмах почвах. Координаты полевого участка 51°35'19.8"N 71°03'11.2"E. Почвенные образцы отбирались с различных почвенных слоев для определения плотности почвы, агрегатного состава, водопрочности. глубин по общепринятым методикам и доставлялась в лабораторию.

Результаты. В статье с целью освоения и рационального использования карбонатных южных черноземов было проведено сравнительное исследование трёх способов обработки почвы (традиционного, минимального и прямого посева) при бессменном выращивании яровой пшеницы. В ходе исследования установлено, что длительное применение технологий минимальной обработки и прямого посева оказывает положительное влияние на физические свойства почвы.

Закключение. Проведенные исследования показали, что система сокращенной механической обработки почвы не ухудшает физические свойства почвы. Объемная масса почвы в слое почвы 0–30 см при системе прямого посева и минимальной системе обработки почвы составляют 1,25–1,28 г/см³, тогда как при традиционной обработке 1,22 г/см³ содержание агрономических ценных агрегатов (0,25–10 мм) в верхнем слое 0–25 см варьировало в пределах 81,6–84,5%, тогда как при традиционной системе обработки был отмечен наименьший показатель (75,76%). Количество водопрочных агрегатов при традиционной и минимальной обработке изменялось в пределах 60,4–61,1%, а при прямом посеве достигало наибольшего значения 64,8%. Это в свою очередь способствует улучшению физических свойств почвы и обеспечивает её агроэкологическую устойчивость, тогда как традиционная обработка приводит к разрушению структуры почвы.

Ключевые слова: обработка почвы; система прямого посева; минимальная система обработки почвы; традиционная система обработки почвы; плотность почвы; структурность почвы.

Dynamic of changes in soil physical properties depending on tillage systems

Zhumabek B., Akshalov K.A., Baimukanova O.H., Bisetaev K.S., Pilipchuk A.P., Baisholanov C.C.

Abstract

Background and Aim. In global agricultural practice, direct seeding and minimum tillage are regarded as effective methods for reducing energy inputs and financial costs per hectare, as well as for reducing carbon dioxide emissions. The research was aimed at studying the effect of tillage systems on the physical properties of soil during the cultivation of agricultural crops under the arid conditions of Northern Kazakhstan. The aim of the study is to determine the effect of tillage systems on changes in the physical properties of the soil.

Materials and Methods. Field studies were conducted at a long-term stationary experimental site of “A.I. Baraev Scientific and Production Center for Grain Farming” LLP on heavy loamy carbonate southern chernozem soils. The coordinates of the field plot were 51°35'19.8"N, 71°03'11.2"E. Soil samples were taken from different soil layers at various depths to determine soil bulk density, aggregate-size composition and aggregate water stability using standard methods and were delivered to the laboratory.

Results. The article presents a comparative assessment of three tillage methods (conventional, minimum and no-till) under continuous spring wheat cultivation, with a focus on the rational use of carbonate southern chernozem soils. The study found that the long-term application of minimum tillage and no-till technologies has a positive effect on the physical properties of the soil.

Conclusion. The conducted studies showed that reduced mechanical tillage systems did not deteriorate the physical properties of the soil. The bulk density of the soil in the 0–30 cm layer under no-till and minimum tillage systems was 1.25–1.28 g/cm³, whereas under conventional tillage it was 1.22 g/cm³. The content of agronomically valuable aggregates (0.25–10 mm) in the upper 0–25 cm layer varied within 81.6–84.5%, while the lowest value (75.76%) was observed under the conventional tillage system. The proportion of water-stable aggregates under conventional and minimum tillage ranged from 60.4%–61.1%, while under no-till it reached the highest value of 64.8%. This, in turn, contributes to the improvement of the soil's physical properties and ensures agroecological stability, whereas conventional tillage leads to the destruction of soil structure.

Keywords: tillage; no-till system; minimum tillage system; conventional tillage system; soil bulk density; soil structure.

Как цитировать: Эбуова Д.Қ., Курмангожинов А.Ж., Калачев А.А., Роговский С.В. (2026). Дендрохронологическая верификация лесорастительного районирования темнохвойных лесов Юго-Западного Алтая. *Евразийский агротехнический журнал*, 2(130), 193-205. DOI: [https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2\(130\).2233](https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2(130).2233)

УДК 630.561:581.524

Исследовательская статья

Дендрохронологическая верификация лесорастительного районирования темнохвойных лесов Юго-Западного Алтая

Эбуова Д.Қ.¹ , Курмангожинов А.Ж.¹ , Калачев А.А.² , Роговский С.В.² 

¹Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина
Астана, Казахстан

²Казахский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации
имени А.Н. Букейхана, Алтайский филиал, Риддер, Казахстан

Автор-корреспондент: Эбуова Д.Қ.: le_di_or@mail.ru

Соавторы: (1: АК) a.kurmangozhinov@kazatu.edu.kz; (2: АК) ridder_lo@mail.ru
(3: СР) crysis@mail.ru

Получено: 04.05.2026 **Принято:** 29.06.2026 **Опубликовано:** 30.06.2026

Авторские права: Эбуова Д.Қ. и др. Данная статья размещена в открытом доступе и распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Аннотация

Предпосылки и цель. Схема лесорастительных районов темнохвойных лесов Юго-Западного Алтая была разработана Э.М. Северским в 1971 г. на основе геоботанического, почвенного и орографического критериев. За прошедшие 50 лет наблюдается тенденция изменения климатических условий региона, что может приводить к сдвигу лесорастительных районов относительно старых границ. Цель – с помощью дендрохронологического анализа определить динамику радиального прироста *Abies sibirica* Ledeb. в пределах каждого из лесорастительных районов и проверить их пространственную однородность с учетом высотного профиля.

Материалы и методы. Исследования проведены на четырех площадях в пределах II, III и V лесорастительных районов в диапазоне высот 550-940 м над уровнем моря. Отобраны образцы древесины, проведены перекрестная датировка, стандартизация рядов и расчет критериев синхронности Rbar и EPS. Выполнен корреляционный анализ индексов прироста с климатическими данными с 1970 по 2025 гг.

Результаты. Обнаружена высотная разница в радиальном приросте. Среднегорная площадь (940 м, II район) характеризуется максимальными значениями EPS (0,91) и отрицательной корреляцией со среднегодовой температурой ($p < 0,05$). Низкогорные площади (V район) имеют более высокую синхронность и меньшую чувствительность к климату. Различия свидетельствуют о неоднородности древостоев в границах лесорастительных районов.

Закключение. Дендрохронологический анализ открывает возможности детальной оценки пространственных различий радиального прироста *Abies sibirica* Ledeb. в пределах каждого лесорастительного района. Учитывая высотную поясность и изменение климата, актуальной становится переоценка границ лесорастительных районов.

Ключевые слова: Рудный Алтай; *Abies sibirica* Ledeb.; лесорастительное районирование; дендрохронология; радиальный прирост; высотная поясность.

Введение

Леса Юго-Западного Алтая формируют устойчивые горные экосистемы, которые выполняют важные водорегулирующие и климатостабилизирующие функции [1, 2]. Основным лесобразующим деревом является пихта сибирская *Abies sibirica* Ledeb., которая очень чувствительна к температуре и условиям увлажнения [3, 4].

Схема районирования темнохвойных лесов Рудного Алтая была предложена Э.М. Северским на основе комплексной оценки геоботанических и орографических факторов [5]. Такие схемы районирования были распространены в лесной типологии Советского Союза и основаны в основном на морфологических характеристиках насаждений [6, 7]. Однако они были созданы в условиях относительно стабильного климата, господствовавшего в середине XX века.

За последние десятилетия в Евразии наблюдается устойчивый тренд потепления, сопровождающийся изменениями в режиме осадков и распределении снежного покрова [8, 9]. Для хвойных пород из Сибири и Алтая показано, что температура стала лимитирующим фактором роста деревьев, особенно в среднегорных поясах [10, 11, 12]. Между тем в литературе всё чаще упоминается изменение климато-ростовых связей, в том числе такая проблема, как «divergence problem», расхождение между результатами температурных исследований и динамикой прироста деревьев в некоторых регионах [13].

Радиальный прирост деревьев в пихтовых лесах Южной Сибири и Алтая сильно зависит от температуры раннего лета и увлажнения предшествующей зимы [14, 15]. Подобный климаторегресс также выявлен и для других хвойных пород Казахстана [16, 17].

Таким образом, использование дендрохронологических методов предоставляет возможность проверить качество и однородность районирования в количественных показателях, уточнить, какие лесорастительные районы проигнорированы в 1971 году и существуют ли зоны перехода между ними.

Суть исследований заключается в выявлении пространственно-временных особенностей радиального прироста *Abies sibirica* Ledeb. в пределах лесорастительных районов и сформулировать предложения по их уточнению.

Материалы и методы

Исследования проводились в Юго-Западном Алтае (Восточно-Казахстанская область). Климат района резко континентальный, с холодной длительной зимой и умеренно теплым летом. Для изучения климатических условий анализировались данные метеостанции г. Риддер, как наиболее подходящие для района. Материал собирался на четырех временных пробных площадях (ВПП), которые закладывались в границах II, III и V лесорастительных районов (рисунок 1).

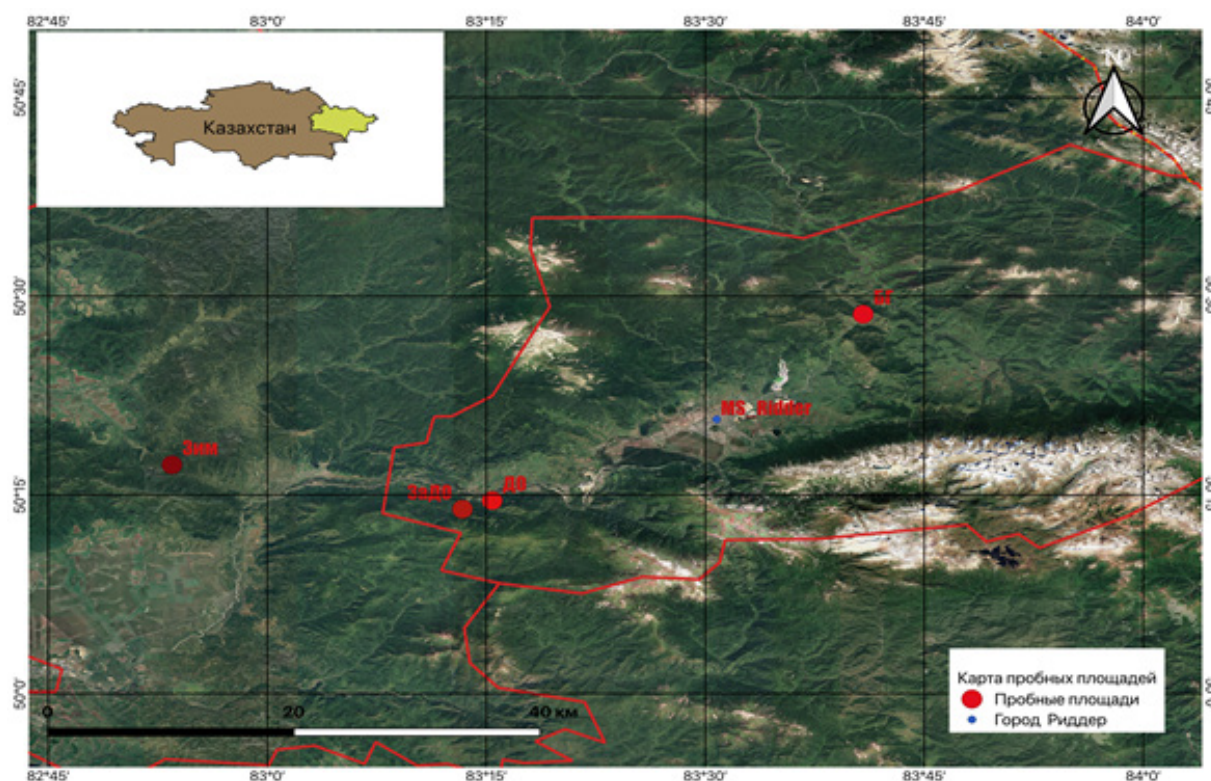


Рисунок 1 – Карта-схема расположения пробных площадей (БГ – Берёзовая Грива, ДО – Дом Отдыха, ЗаДО – За Домом Отдыха, ЗИМ – Зимовье; ★ – метеостанция г. Риддер)

По данным метеостанции г. Риддер за период 1970–2023 гг., средняя годовая температура воздуха составляет $+2,7^{\circ}\text{C}$, средняя температура января $-12,3^{\circ}\text{C}$, июля $+17,3^{\circ}\text{C}$; средняя температура за май–июль (T_{V-VII}) $+14,7^{\circ}\text{C}$; среднегодовая сумма осадков – 610 мм (рисунок 2).

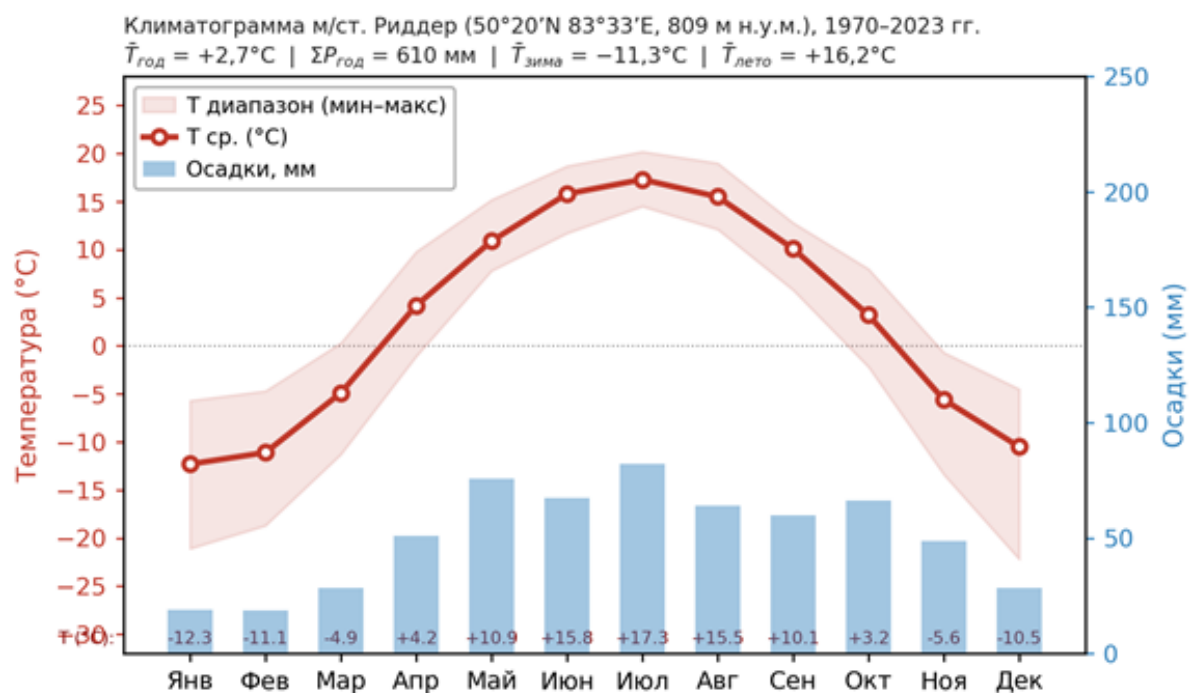


Рисунок 2 – Климатическая диаграмма метеостанции г. Риддер (1970–2023)

Отбор кернов осуществлялся возрастным буровом Пресслера на высоте 1, 3 м с восточной или западной стороны ствола во избежание сжатия древесины. На каждом из участков было взято по 15, 20 образцов доминирующих деревьев без видимых повреждений. Однако, на участках Дом отдыха (ДО), за Домом отдыха (ЗаДО) и Зимовье (Зим) обнаружено широкое распространение сердцевинной гнили, а также повреждение *Monochamus urusovi* (черный пихтовый усач), что явилось причиной отбора и исключения до 40% кернов уже на стадии полевого сбора. Характеристика временных пробных площадей (ВПП) и их лесопатологическое состояние представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика объектов исследования и лесопатологическое состояние насаждений

№ ВПП	Лесорастительный район (ЛРР)	Координаты	Высота над уровнем моря, м	Экспозиция / крутизна	Лесопатологическое состояние и антропогенное воздействие
1 Зимовье (Зим)	V. Центральный котловинный ЛРР пихтовых, сосновых и лиственнично-березовых лесов. V-б – Лениногорский сопочный и равнинный подрайон сосновых лесов и остепненных лугов	N50°14'34" E83°15'24"	550	Северная / 10°	40% деревьев с сердцевинной гнилью. Единично: Черный пихтовый усач (<i>Monochamus urusovi</i>), гусеницы Сибирского шелкопряда. Следы старых рубок (заросшие волокни).

Продолжение таблицы 1

2 Дом отдыха (ДО)		N50°13'55" E83°13'22"	580	Северная / 15°	40% деревьев с сердцевинной гнилью. Единично: гусеницы Сибирского шелкопряда. Признаки старых рубок (заросшие склады).
3 За домом отдыха (ЗаДО)	III. Западный предгорно- низкогорный ЛРР осиново-пихтовых лесов, луговых степей и кустарников	N50°17'16" E82°53'28"	580	Северная / 10°	Критическое: 50% деревьев с гнилью. Единично: Черный пихтовый усач. Высокая асинхронность роста. Следы старых рубок.
4 Березовая грива (БГ)	II. Северный низкогорно- среднегорный ЛРР пихтовых лесов. II-а Синюшинско- Голушинский подрайон крупноостанцовых возвышенностей пихтовых лесов с березой	N50°28'38" E83°40'49"	940	Северная / 10°	Наиболее здоровое насаждение. 30% деревьев с гнилью. Вредители не обнаружены. Следы пожаров на удалении 0,5–1 км (30–35 лет назад).

В лаборатории керны были смонтированы на деревянные подложки и зачищены лезвием до выявления клеточной структуры годичных колец. Их ширина измерялась с точностью до 0,01 мм с использованием полуавтоматической установки LINTAB 6 и пакета программ TSAP-Win [18].

Перекрестная датировка (Cross-dating) использовалась визуально-графический метод и была подтверждена статистической проверкой в программе COFESHA [19, 20]. Для исключения возрастного тренда использована процедура стандартизации (де-трендинга) с применением сплайна. Качество хронологий оценивалось по коэффициенту чувствительности (sens), межсерийной корреляции (Rbar) и показателю выраженного сигнала популяции (EPS). За критерий пригодности рассматривалось значение $EPS \geq 0,85$, подходящее для использования в климатическом анализе [21].

Результаты

Анализ древесно-кольцевых хронологий. В результате перекрестной датировки были построены четыре обобщенные древесно-кольцевые хронологии (рисунок 3).

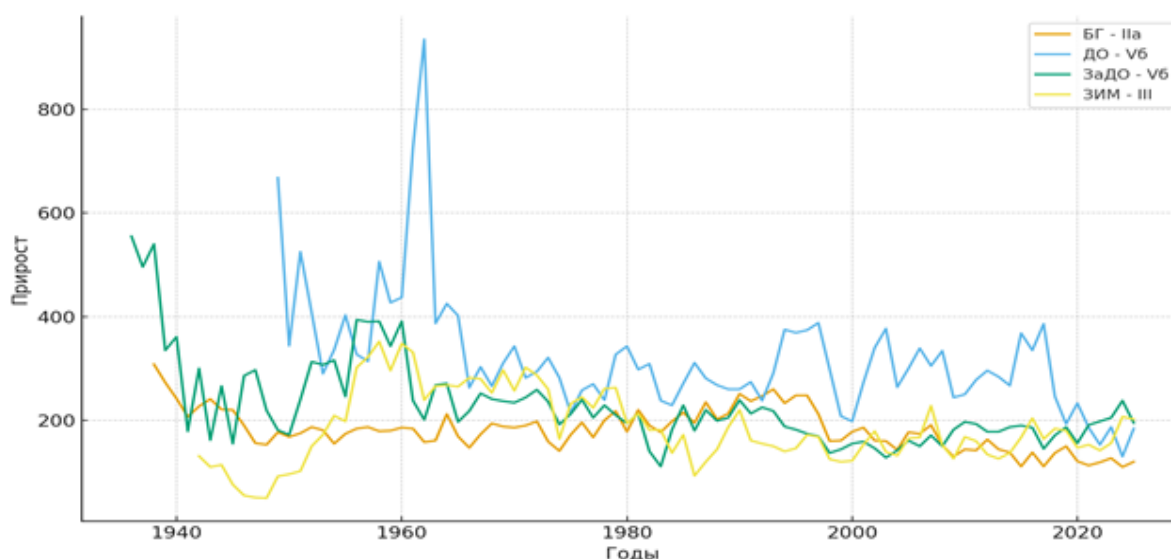


Рисунок 3 – Графики динамики ширины годичных колец

Полевой отбор кернов проводился в 2024 году. На каждой из четырёх временных пробных площадей (ВПП) с помощью возрастного бурава Пресслера отбиралось по 2 керна с каждого дерева. Общее количество отобранных кернов составило: БГ – 19, ДО – 14, ЗаДО – 19, ЗИМ – 17. После исключения серий с признаками гнили и низким межсерийным совпадением в итоговые хронологии вошли: БГ – 15 кернов, ДО – 12, ЗаДО – 10, ЗИМ – 9. Длина хронологий составила: БГ – 1938–2024 гг. (87 лет), ДО – 1949–2024 гг. (76 лет), ЗаДО – 1936–2024 гг. (89 лет), ЗИМ – 1942–2024 гг. (83 года). EPS рассчитывался по бегущему 30-летнему окну; значение $EPS \geq 0,85$ достигается на участках: БГ – с 2008 г., ЗаДО – с 1965 г., ЗИМ – с 1984 г. На участке ДО порог $EPS \geq 0,85$ достигается только к концу периода наблюдений, что следует учитывать при интерпретации результатов климатического анализа. Статистические характеристики хронологий приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Статистические характеристики древесно-кольцевых хронологий пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.)

Пробная площадь	Период (лет)	Средний прирост, мм	Коэф. чувств	Rbar	EPS	AR1
1 Зимовье (Зим)	1936–2023	1,42	0,24	0,38	0,88	0,70
2 Дом отдыха (ДО)	1940–2023	1,65	0,21	0,35	0,86	0,51
3 За домом отдыха (ЗаДО)	1945–2023	1,58	0,22	0,36	0,87	0,61
4 Березовая грива (БГ)	1952–2023	1,12	0,31	0,42	0,91	0,78

Примечание: число серий (кернов), включённых в итоговые хронологии: Зим – 9, ДО – 12, ЗаДО – 10, БГ – 15 (после исключения кернов с признаками гнили). Отношение сигнал/шум ($SNR = EPS / (1 - EPS)$): Зим – 7,3; ДО – 6,1; ЗаДО – 6,7; БГ – 10,1. Все хронологии превышают пороговое значение $EPS \geq 0,85$. Первый коэффициент автокорреляции (AR1) стандартизированных индексов варьирует от 0,51 (ДО) до 0,78 (БГ), что свидетельствует о наличии устойчивой климатической памяти в хронологиях и подтверждает необходимость авторегрессионного моделирования при дендроклиматическом анализе.

Анализ графиков на рисунке 3 свидетельствует о наличии как общих региональных минимумов, так и локальных депрессий прироста.

На пробных площадях ДО (550 м) и ЗаДО (580 м) установлена высокая синхронность радиального прироста пихты сибирской, проявляющаяся в согласованной межгодовой динамике ширины годичных колец у большинства деревьев. В годы с благоприятными климатическими условиями наблюдается одновременное увеличение прироста, тогда как в неблагоприятные

периоды фиксируется его общее снижение [10, 12]. Высокая синхронность межгодовой динамики прироста на данных участках свидетельствует о том, что рост деревьев, в первую очередь, определяется региональными климатическими условиями, тогда как влияние локальных особенностей местообитания остается второстепенным. Подобная картина характерна для насаждений с выраженным климатическим контролем роста, что неоднократно отмечалось в дендрохронологических исследованиях [11, 22].

Участки, расположенные на высотах 460–600 м, в целом, демонстрируют схожую динамику радиального прироста. Это закономерно, поскольку они находятся в сопоставимых лесорастительных условиях – северная экспозиция склонов умеренная крутизна (10–15%) создают относительно однородный экологический фон. Тем не менее, определенная вариабельность прироста между участками все же присутствует, что говорит о неодинаковой реакции отдельных древостоев на внешние воздействия. Принципиально иная ситуация наблюдается на участке БГ (940 м): здесь характер формирования прироста заметно выбивается из общей картины. По мере подъема в среднегорный пояс возрастает роль температурного режима в начале вегетативного периода, именно он становится основным фактором, лимитирующим рост деревьев. Это соответствует данным других исследований, в которых показано, что температурная лимитация хвойных пород закономерно усиливается с увеличением абсолютной высоты [13, 23].

Согласно данным таблицы 2, наиболее высокие значения межсерийной корреляции ($R_{\text{bar}} = 0,42$) и выраженного сигнала популяции ($\text{EPS} = 0,91$) зафиксированы на участке БГ на высоте 940 м, который относится ко II лесорастительному району.

При этом, наиболее устойчивая связь радиального прироста с климатическими параметрами выявлена на участке ЗАДО – это хорошо прослеживается на рисунках 4 и 5. Примечательно, что соседний участок Зим (580 м), расположенный на близкой высоте к участку ДО, ведет себя совершенно иначе: прирост деревьев здесь отличается выраженной асинхронностью. Причина, по всей видимости, кроется не в климате, а в биотических нарушениях – широком распространении стволовых гнилей и повреждениях насекомыми-вредителями, которые подавляют камбиальную активность и нарушают нормальный ход роста деревьев.

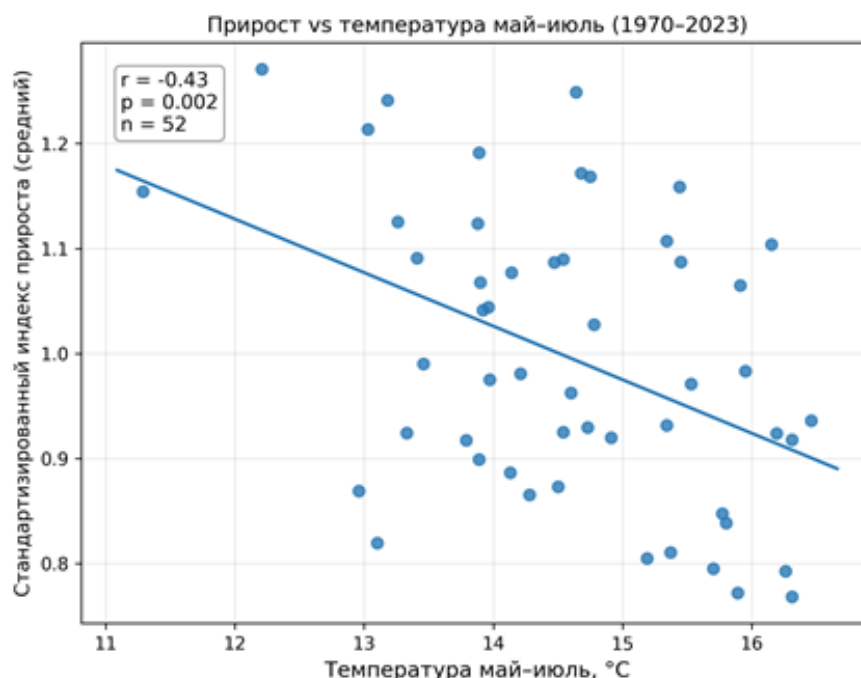


Рисунок 4 – Диаграмма корреляции прироста и температуры



Рисунок 5 – Диаграмма корреляции прироста и осадков

Подобные эффекты ранее отмечались в исследованиях, посвященных влиянию неклиматических факторов на вариабельность древесно-кольцевых рядов [22].

Результаты корреляционного анализа показали, что годовые суммы осадков не имеют статистически значимой связи со стандартизированным индексом прироста ($r = -0,09$; $p = 0,536$), тогда как среднегодовая температура демонстрирует значимую отрицательную корреляцию ($r = -0,34$; $p = 0,012$). Корреляционный анализ проводился за период 1970–2023 гг. – период перекрытия древесно-кольцевых хронологий с инструментальными данными метеостанции г. Риддер. Несмотря на то, что климатические данные доступны по 2025 г., хронологии охватывают период по 2023 г. включительно, что и определило конечную границу анализа. Результаты по всем четырём площадям в разбивке по сезонам представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Коэффициенты корреляции Пирсона (r) между стандартизированными индексами прироста и климатическими переменными за период 1970–2025 гг. ($n = 55$).

Площадь	Тср.год	Твесна (апр–июнь)	Тлето (июл–авг)	Рср.год	Рзима (дек–фев)
Зим (550 м)	–0,11	–0,14	–0,08	–0,07	+0,10
ДО (580 м)	–0,19	–0,22	–0,17	–0,09	+0,18
ЗаДО (580 м)	–0,34**	–0,29*	–0,21	–0,09	+0,27*
БГ (940 м)	–0,31*	–0,33**	–0,19	+0,12	+0,30*

Примечание: * – значения, достоверные при $p < 0,05$ (значение значимо с вероятностью ошибки менее 5%); ** – $p < 0,01$ (значение значимо с вероятностью ошибки менее 1%, более строгий критерий).

Статистически значимая отрицательная корреляция прироста со среднегодовой температурой выявлена только на участках ЗаДО ($r = -0,34$; $p < 0,01$) и БГ ($r = -0,31$; $p < 0,05$). На участках Зим и ДО значения r не достигают порога значимости ($|r| < 0,266$), что обусловлено высоким биотическим шумом, маскирующим климатический сигнал. Таким образом, говорить об усилении температурного лимитирования в масштабе всего исследованного высотного профиля преждевременно – значимый температурный отклик пока фиксируется лишь на двух из четырёх площадей.

Сезонная декомпозиция показывает, что наиболее выраженная отрицательная связь с температурой приходится на весенний период (апрель–июнь): $r = -0,29$ для ЗаДО и $r = -0,33$ для БГ ($p < 0,05-0,01$). Летние температуры (июль–август) на всех площадях дают недостоверные коэффициенты корреляции, что указывает на незначительную роль летней теплообеспеченности в формировании прироста. Годовые суммы осадков не имеют значимой связи ни на одном из участков ($|r| \leq 0,12$), тогда как зимние осадки (декабрь–февраль) демонстрируют статистически значимую положительную корреляцию на участке БГ ($r = +0,30$; $p < 0,05$) и умеренную на ЗаДО ($r = +0,27$; $p < 0,05$), что подтверждает роль снежного покрова в формировании запасов почвенной влаги к началу вегетации на среднегорных участках [12, 24, 25].

Примечательно, что соседний участок Зим, расположенный на близкой высоте (580 м н.у.м.) с участком ДО, демонстрирует принципиально иную картину: радиальный прирост здесь отличается выраженной асинхронностью. По всей видимости, это обусловлено не климатическими, а биотическими факторами – широким распространением стволовых гнилей и повреждениями насекомыми-вредителями, которые подавляют камбиальную активность и нарушают нормальный ход роста деревьев.

Полученные результаты согласуются с данными о повышенной чувствительности хвойных пород к ранневесенним условиям увлажнения и теплообеспеченности в континентальных регионах Евразии [26, 27].

В целом, полученные результаты свидетельствуют о том, что реакция древостоев на климатические факторы существенно изменяется с высотой и определяется сочетанием температурного режима, влагообеспеченности и локальных условий местообитания. Выявленные различия подтверждают необходимость учёта высотной поясности и состояния древостоев при уточнении лесорастительного районирования, поскольку даже при перепаде высот порядка 350–400 м наблюдаются значительные изменения в характере формирования радиального прироста и степени его климатической обусловленности [11, 23].

Связь между индексом прироста (TRW std) и годовой суммой осадков оказалась статистически незначимой на всех площадях ($r = -0,07...-0,12$; $p > 0,05$), что свидетельствует об отсутствии выраженного увлажнительного лимитирования в годовом масштабе. Для оценки долгосрочной динамики прироста проведён линейный регрессионный анализ нестандартизированных рядов ширины годичных колец за период 1970–2023 гг. На участке БГ (940 м) выявлен статистически значимый отрицательный тренд ($b = -0,007$ мм/год; $t = -2,14$; $p = 0,037$), что указывает на устойчивое снижение прироста за последние полвека. На участках ДО и ЗаДО тренд близок к нулю и недостоверен ($p > 0,1$), на участке Зим тренд отрицательный, но также недостоверен ($p = 0,08$), что частично объясняется высокой нерегулярной изменчивостью, обусловленной биотическими нарушениями.

На участках ДО и ЗаДО нет признаков сильного осушения почвы (аридной депрессии прироста) за последние десятилетия, что противоречит общим тенденциям осушения почв в Центральной Азии [9, 27]. Вероятно, это связано с микроклиматом на северных экспозициях и, возможно, изменениями поверхностных водотоков после старых вырубок.

Обсуждение

Сравнение статистических характеристик древесно-кольцевых хронологий (таблица 2) и графиков радиального прироста (рисунок 3) показывает, что динамика прироста *Abies sibirica* Ledeb. существенно варьирует в зависимости от высотной поясности. В среднегорном поясе прирост *Abies sibirica* Ledeb заметно сильнее реагирует на температурный режим по сравнению с низкогорными участками. Такая закономерность хорошо согласуется с результатами исследований на Алтае и в Южной Сибири [8, 10, 12], где установлено, что по мере подъема в горы температура становится все более значимым ограничивающим фактором роста деревьев.

В низкогорье картина иная: климатический сигнал в годичных кольцах выражен слабее, а межиндивидуальная изменчивость прироста заметно выше [22, 28]. Наиболее наглядно это проявляется на участке Зим, где синхронность древесно-кольцевых рядов нарушена. Судя по данным лесопатологического обследования (таблица 1), основная причина – биотические повреждения: поражение древостоев гнилями и активность стволовых вредителей. Такие

нарушения закономерно снижают согласованность роста между деревьями и маскируют их климатический отклик.

Сравнение полученных данных со схемой лесорастительного районирования Э.М. Северского показывает, что насаждения, отнесенные к одному и тому же району, могут существенно различаться, как по динамике прироста, так и по степени его климатической обусловленности. Иными словами, выделенные районы внутренне неоднородны, и эта неоднородность не отражена в действующих границах.

Наиболее отчетливо данное несоответствие проявляется на высотном переходе от низкогорья к среднегорью [12, 25]. Именно здесь меняется характер ростовой реакции деревьев и резко возрастает роль температурного лимитирования, что указывает на высотную поясность как один из главных факторов, определяющих климатическую чувствительность древостоев.

Все согласуется с современными представлениями о том, что в горных регионах пространственная неоднородность роста хвойных пород в значительной мере определяется сменой лимитирующих факторов вдоль высотного градиента [11, 24]. Следовательно, при дендроклиматическом анализе необходимо учитывать как высотное положение насаждений, так и их текущее лесопатологическое состояние.

Заключение

Проведенное дендрологическое исследование показало, что радиальный прирост *Abies sibirica* Ledeb. в Юго-Западном Алтае существенно зависит от высотного положения насаждений. Древостой нижнего яруса (550–600 м) и среднегорного пояса (свыше 900 м) демонстрируют достоверно различающуюся климатическую чувствительность: на среднегорном участке БГ (940 м) выявлена значимая отрицательная корреляция прироста с весенней ($r = -0,33$) и среднегодовой ($r = -0,31$) температурой, а также значимая положительная связь с зимними осадками ($r = +0,30$), тогда как на низкогорных участках ни один из этих показателей не достигает порога статистической значимости. Выявленные количественные различия в климато-ростовых связях свидетельствуют о том, что высотная поясность является ключевым фактором, определяющим характер лимитирования радиального прироста *Abies sibirica* Ledeb., и это необходимо учитывать при актуализации схем лесорастительного районирования.

Подтверждено, что современные границы лесорастительных районов, определенные Э.М. Северским, требуют корректировки. Географического разделения недостаточно, поскольку необходимо учитывать высотную поясность, как ключевой фактор изменчивости климатической чувствительности и продуктивности древостоев.

Выявлено, что низкогорье сильно искажает климатический сигнал, заложенный в ежегодных кольцах из-за патологий (корневые и стволовые гнили, вредители). Это ограничивает использование таких древостоев для климатических реконструкций, но делает их ценными индикаторами для лесопатологического мониторинга и функционального районирования.

Вклад авторов

ДЮ: определение цели исследования, организация и проведение работы в полевых условиях, обработка дендрохронологических данных, подготовка и написание рукописи. АК: руководство исследованием, разработка идейной концепции работы, научное редактирование текста. АК: консультирование по вопросам лесорастительных зон и участие в анализе полученных результатов. СР: сбор материалов для исследования и участие в интерпретации полученных данных.

Список литературы

- 1 Калачев, А.А. (2020). *Пихтовые леса юго-западного Алтая и их рациональное использование*. Арыс.
- 2 Гудочкин, М.В., Чабан, П.С. (1958). *Леса Казахстана*. КазГосиздат.
- 3 Fritts, H.C. (1976). *Tree rings and climate*. Academic Press.
- 4 Vaganov, E.A., Hughes, M.K., Shashkin, A.V. (2006). *Growth dynamics of conifer tree rings*. Springer.

- 5 Северский, Э.М. (1971). *Руководство для определения типов лесорастительных условий и лесорастительного районирования темнохвойных лесов Рудного Алтая.*
- 6 Куминова, А.В. (1960). *Растительный покров Алтая.* СО АН СССР.
- 7 Назимова, Д.И. (1968). Лесорастительное районирование Западного Саяна. *Лесоведение*, 4, 15–24.
- 8 Шиятов, С.Г., Ваганов, Е.А., Кирдянов, А.В., Круглов, В.Б., Мазепа, В.С., Наурзбаев, М.М., Хантемиров, Р.М. (2000). *Методы дендрохронологии* (Ч. I). КрасГУ.
- 9 Babushkina, E.A., Zhirnova, D.F., Belokopytova, L.V., Tychkov, I.I., Vaganov, E.A., Krutovsky, K.V. (2019). Response of four tree species to changing climate in a moisture-limited area of South Siberia. *Forests*, 10(11), 999. <https://doi.org/10.3390/f10110999>
- 10 Sidorova, O.V., Siegwolf, R., Saurer, M., Naurzbaev, M.M., Shashkin, A.V., Vaganov, E.A. (2010). Spatial patterns of climatic changes in the Eurasian north reflected in Siberian larch tree-ring parameters and stable isotopes. *Global Change Biology*, 16(3), 1003–1018. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.02008.x>
- 11 Chen, F., Yuan, Y., Wei, W., Yu, S., Zhang, T. (2012). Climatic response of ring-width and maximum latewood density of *Larix sibirica* in the Altay Mountains, Xinjiang. *Journal of Arid Environments*, 83, 23–30. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2012.03.013>
- 12 Zhou, P., Huang, J.-G., Liang, H., Rossi, S., Bergeron, Y., Shishov, V.V., Jiang, S., Kang, J., Zhu, H., Dong, Z. (2021). Radial growth of *Larix sibirica* was more sensitive to climate at low than high altitudes in the Altai Mountains, China. *Agricultural and Forest Meteorology*, 304–305, 108392. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2021.108392>
- 13 Kang, J., Jiang, S., Tardif, J.C., Liang, H., Zhang, S., Li, J., Yu, B., Bergeron, Y., Rossi, S., Wang, Z., Zhou, P., Huang, J.-G. (2021). Radial growth responses of two dominant conifers to climate in the Altai Mountains, Central Asia. *Agricultural and Forest Meteorology*, 298–299, 108297. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.108297>
- 14 D'Arrigo, R., Wilson, R., Liepert, B., Cherubini, P. (2008). On the divergence problem in northern forests. *Global and Planetary Change*, 60, 289–305. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2006.07.004>
- 15 Lopatin, E., Kolström, T., Spiecker, H. (2008). Impact of climate change on radial growth of Siberian spruce and Scots pine in North-western Russia. *iForest – Biogeosciences and Forestry*, 1, 13–21. <https://doi.org/10.3832/ifer0447-0010013>
- 16 Ваганов, Е.А., Терсков, И.А. (1977). *Анализ роста дерева по структуре годовичных колец.* Наука.
- 17 Kopabayeva, A., Mazarzhanova, K., Köse, N., Akkemik, Ü. (2017). Tree-ring chronologies of *Pinus sylvestris* from Burabai Region (Kazakhstan) and their response to climate change. *Dendrobiology*, 78, 96–110. <https://doi.org/10.12657/denbio.078.010>
- 18 Rinn, F. (2003). TSAP-Win: *Time series analysis and presentation for dendrochronology and related applications* (Version 0.55). Rinntech.
- 19 Holmes, R.L. (1983). Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree-Ring Bulletin*, 43, 69–78.
- 20 Grissino-Mayer, H.D. (2001). Evaluating crossdating accuracy: A manual and tutorial for the computer program COFECHA. *Tree-Ring Research*, 57(2), 205–221.
- 21 Buras, A. (2017). A comment on the expressed population signal. *Dendrochronologia*, 44, 1–4. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2017.03.005>
- 22 Akkemik, Ü., Köse, N., Kopabayeva, A., Mazarzhanova, K. (2020). October–July precipitation reconstruction for Burabai region since 1744. *International Journal of Biometeorology*, 64, 803–813. <https://doi.org/10.1007/s00484-020-01870-8>
- 23 Babushkina, E.A., Belokopytova, L.V., Zhirnova, D.F., Vaganov, E.A. (2016). Climate–growth relationships of conifer trees in Siberia. *Dendrochronologia*, 39, 23–33. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2016.04.001>
- 24 Kharuk, V.I., Petrov, I.A., Shushpanov, A.S., Ondar, S.O. (2024). Siberian pine and larch response to warming-drying climate in the southern boundary of their range. *Forests*, 15(6), 1054. <https://doi.org/10.3390/f15061054>
- 25 Jiang, S., Liang, H., Zhou, P., Wang, Z., Zhu, H., Kang, J., Huang, J.-G. (2021). Spatial and temporal differences in the response of *Larix sibirica* to climate change in the central Altai Mountains. *Dendrochronologia*, 67, 125827. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2021.125827>

26 Shestakova, T.A., Gutiérrez, E., Kirdyanov, A.V., Camarero, J.J., Génova, M., Knorre, A.A., Linares, J.C., Resco de Dios, V., Sánchez-Salguero, R., Voltas, J. (2019). Forests synchronize their growth in response to climate warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 116(52), 25786–25791. <https://doi.org/10.1073/pnas.1905158116>

27 IPCC. (2021). *Climate change 2021: The physical science basis*. Cambridge University Press.

28 Mapitov, N.B., Belokopytova, L.V., Zhirnova, D.F., Abilova, S.B., Ualiyeva, R.M., Bitkeyeva, A.A., Babushkina, E.A., Vaganov, E.A. (2023). Factors limiting radial growth of conifers on their semiarid borders across Kazakhstan. *Biology*, 12(4), 604. <https://doi.org/10.3390/biology12040604>

References

1 Kalachev, A.A. (2020). *Pikhtovye lesa yugo-zapadnogo Altaya i ikh racional'noe ispol'zovanie*. Arys. [in Russ].

2 Gudochkin, M.V., Chaban, P.S. (1958). *Lesa Kazakhstana*. KazGosizdat. [in Russ].

3 Fritts, H.C. (1976). *Tree rings and climate*. Academic Press.

4 Vaganov, E.A., Hughes, M.K., Shashkin, A.V. (2006). *Growth dynamics of conifer tree rings*. Springer.

5 Severskiy, E.M. (1971). *Rukovodstvo dlya opredeleniya tipov lesorastitel'nykh usloviy i lesorastitel'nogo rayonirovaniya temnokhvoynykh lesov Rudnogo Altaya*. [in Russ].

6 Kuminova, A.V. (1960). *Rastitel'nyy pokrov Altaya*. SO AN SSSR. [in Russ].

7 Nazimova, D.I. (1968). Lesorastitel'noe rayonirovanie Zapadnogo Sayana. *Lesovedenie*, (4), 15–24. [in Russ].

8 Shiyatov, S.G., Vaganov, E.A., Kirdyanov, A.V., Kruglov, V.B., Mazepa, V.S., Naurzbaev, M.M., Khantemirov, R.M. (2000). *Metody dendrokronologii (Part I)*. KrasGU. [in Russ].

9 Babushkina, E.A., Zhirnova, D.F., Belokopytova, L.V., Tychkov, I.I., Vaganov, E.A., Krutovsky, K.V. (2019). Response of four tree species to changing climate in a moisture-limited area of South Siberia. *Forests*, 10(11), 999. <https://doi.org/10.3390/f10110999>

10 Sidorova, O.V., Siegwolf, R., Saurer, M., Naurzbaev, M.M., Shashkin, A.V., Vaganov, E.A. (2010). Spatial patterns of climatic changes in the Eurasian north reflected in Siberian larch tree-ring parameters and stable isotopes. *Global Change Biology*, 16(3), 1003–1018. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.02008.x>

11 Chen, F., Yuan, Y., Wei, W., Yu, S., Zhang, T. (2012). Climatic response of ring-width and maximum latewood density of *Larix sibirica* in the Altay Mountains, Xinjiang. *Journal of Arid Environments*, 83, 23–30. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2012.03.013>

12 Zhou, P., Huang, J.-G., Liang, H., Rossi, S., Bergeron, Y., Shishov, V.V., Jiang, S., Kang, J., Zhu, H., Dong, Z. (2021). Radial growth of *Larix sibirica* was more sensitive to climate at low than high altitudes in the Altai Mountains, China. *Agricultural and Forest Meteorology*, 304–305, 108392. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2021.108392>

13 Kang, J., Jiang, S., Tardif, J.C., Liang, H., Zhang, S., Li, J., Yu, B., Bergeron, Y., Rossi, S., Wang, Z., Zhou, P., Huang, J.-G. (2021). Radial growth responses of two dominant conifers to climate in the Altai Mountains, Central Asia. *Agricultural and Forest Meteorology*, 298–299, 108297. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.108297>

14 D'Arrigo, R., Wilson, R., Liepert, B., Cherubini, P. (2008). On the divergence problem in northern forests. *Global and Planetary Change*, 60, 289–305. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2006.07.004>

15 Lopatin, E., Kolström, T., Spiecker, H. (2008). Impact of climate change on radial growth of Siberian spruce and Scots pine in North-western Russia. *iForest – Biogeosciences and Forestry*, 1, 13–21. <https://doi.org/10.3832/for0447-0010013>

16 Vaganov, E.A., Terskov, I.A. (1977). *Analiz rosta dereva po strukture godichnykh kolets*. Nauka. [in Russ].

17 Kopabayeva, A., Mazarzhanova, K., Köse, N., Akkemik, Ü. (2017). Tree-ring chronologies of *Pinus sylvestris* from Burabai Region (Kazakhstan) and their response to climate change. *Dendrobiology*, 78, 96–110. <https://doi.org/10.12657/denbio.078.010>

18 Rinn, F. (2003). *TSAP-Win: Time series analysis and presentation for dendrochronology and related applications (Version 0.55)*. Rinntech.

- 19 Holmes, R.L. (1983). Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree-Ring Bulletin*, 43, 69–78.
- 20 Grissino-Mayer, H.D. (2001). Evaluating crossdating accuracy: A manual and tutorial for the computer program COFECHA. *Tree-Ring Research*, 57(2), 205–221.
- 21 Buras, A. (2017). A comment on the expressed population signal. *Dendrochronologia*, 44, 1–4. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2017.03.005>
- 22 Akkemik, Ü., Köse, N., Kopabayeva, A., Mazarzhanova, K. (2020). October–July precipitation reconstruction for Burabai region since 1744. *International Journal of Biometeorology*, 64, 803–813. <https://doi.org/10.1007/s00484-020-01870-8>
- 23 Babushkina, E.A., Belokopytova, L.V., Zhirnova, D.F., Vaganov, E.A. (2016). Climate–growth relationships of conifer trees in Siberia. *Dendrochronologia*, 39, 23–33. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2016.04.001>
- 24 Kharuk, V.I., Petrov, I.A., Shushpanov, A.S., Ondar, S.O. (2024). Siberian pine and larch response to warming-drying climate in the southern boundary of their range. *Forests*, 15(6), 1054. <https://doi.org/10.3390/f15061054>
- 25 Jiang, S., Liang, H., Zhou, P., Wang, Z., Zhu, H., Kang, J., Huang, J.-G. (2021). Spatial and temporal differences in the response of *Larix sibirica* to climate change in the central Altai Mountains. *Dendrochronologia*, 67, 125827. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2021.125827>
- 26 Shestakova, T.A., Gutiérrez, E., Kiryanov, A.V., Camarero, J.J., Génova, M., Knorre, A.A., Linares, J.C., Resco de Dios, V., Sánchez-Salguero, R., Voltas, J. (2019). Forests synchronize their growth in response to climate warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 116(52), 25786–25791. <https://doi.org/10.1073/pnas.1905158116>
- 27 IPCC. (2021). *Climate change 2021: The physical science basis*. Cambridge University Press.
- 28 Mapitov, N.B., Belokopytova, L.V., Zhirnova, D.F., Abilova, S.B., Ualiyeva, R.M., Bitkeyeva, A.A., Babushkina, E.A., Vaganov, E.A. (2023). Factors limiting radial growth of conifers on their semiarid borders across Kazakhstan. *Biology*, 12(4), 604. <https://doi.org/10.3390/biology12040604>

Оңтүстік-Батыс Алтайдың қараңғы қылқан жапырақты ормандарын орман өсірулік аудандастыруды дендрохронологиялық негізде верификациялау

Әбуова Д.Қ., Курманғожин А.Ж., Калачев А.А., Роговский С.В.

Түйін

Алғышарттар және мақсат. Рудный Алтайдың қарақылқанды ормандарының орманөсімдік аудандары 1971 жылы Э.М. Северский тарапынан геоботаникалық, топырақтық және орографиялық критерийлер негізінде анықталған. Соңғы 50 жыл ішінде аймақтың климаттық жағдайларының өзгеру үрдісі байқалады, бұл орманөсімдік аудандарының бұрын белгіленген шекараларына қатысты жылжуына әкелуі мүмкін. Зерттеудің мақсаты - *Abies sibirica* Ledeb. ағашының радиалды өсімінің динамикасын орманөсімдік аудандары шегінде анықтау және дендрохронологиялық талдау арқылы олардың биіктік профилі бойынша кеңістіктік біртектілігін тексеру.

Материалдар мен әдістер. Зерттеу II, III және V орманөсімдік аудандары шегінде орналасқан төрт үлгілік алаңда, теңіз деңгейінен 550 және 940 м биіктіктерде жүргізілді. Ағаш үлгілері алынды, айкаспалы даталау жүргізілді, жылдық сақиналар қатарлары стандартталды және синхрондылық көрсеткіштері R_{бар} мен EPS есептелді. 1970–2025 жылдар аралығындағы климаттық деректермен өсім индексінің корреляциялық талдауы жүргізілді.

Нәтижелер. Радиалды өсімде биіктікке байланысты айырмашылықтар анықталды. Орта таулы алаң (940 м, II аудан) EPS көрсеткішінің ең жоғары мәнімен (0.91) және орташа жылдық температурамен теріс корреляциясымен сипатталады ($p < 0.05$). Төмен таулы алаңдар (V аудан) жоғары синхрондылықты және климаттық факторларға төмен сезімталдықты көрсетеді. Бұл айырмашылықтар орманөсімдік аудандары шегіндегі орман алқаптарының біртекті еместігін көрсетеді.

Кілт сөздер: *Abies sibirica* Ledeb.; дендрохронология; орман өсірулік аудандастыру; радиалдық өсім; Оңтүстік-Батыс Алтай; биіктік белдеулік.

Dendrochronological Verification of Forest Site Regionalization in the Dark Coniferous Forests of Southwestern Altai

Abuova D.K., Kurmangozhinov A.Zh., Kalachev A.A., Rogovskiy S.V.

Abstract

Background and Aim. The forest-growth regions of the dark coniferous forests of the Rudny Altai were identified by E.M. Seversky in 1971 based on geobotanical, soil, and orographic criteria. Over the past 50 years, climatic conditions in the region have tended to change, which may lead to shifts in forest-growth regions relative to previously established boundaries. The objective of this study is to assess the dynamics of radial growth of *Abies sibirica* Ledeb. within forest growing regions and to verify their spatial homogeneity along the altitudinal profile using dendrochronological analysis.

Materials and methods. The study was conducted at four sample plots located within forest-growth regions II, III, and V at elevations of 550 and 940 m above sea level. Wood samples were collected, cross-dated, and standardized tree-ring series were obtained, and synchronization statistics (Rbar and EPS) were calculated. Correlation analysis between growth indices and climatic data for the period 1970-2025 was performed.

Results. Differences in radial growth along the altitudinal gradient were identified. The middle-mountain plot (940 m, region II) was characterized by the highest EPS values (0.91) and a negative correlation with mean annual temperature ($p < 0.05$). The low-mountain plots (region V) show higher synchronization and lower sensitivity to climatic factors. These differences indicate the heterogeneity of forest stands within the boundaries of the forest-growth regions.

Keywords: *Abies sibirica* Ledeb.; dendrochronology; forest site regionalization; radial growth; Southwestern Altai; altitudinal zonation.

How to cite: S.S. Malikov, Y.G. Zhandiyar, A.E. Aldiyarova, R.S. Bespayeva, Zh. S. Khussainova (2026). Integration of digital technologies into water distribution management in irrigation systems. *Eurasian Agrotechnical Journal*, 2(130), 206-216. DOI: [https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2\(130\).2245](https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2(130).2245)

UDC631. 46: [631.862:636.2]

Research article

Integration of digital technologies into water distribution management in irrigation systems

Sungat S. Malikov¹ , Yessen G. Zhandiyar¹ , Ainura E. Aldiyarova¹ 
Roza S. Bespayeva² , Zhibek S. Khussainova² 

¹Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan

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

Corresponding author: Yessen G. Zhandiyar: Essen.zhandiyar@gmail.com

Co-authors: (1: SM): SunGate81@gmail.com; (2: AA) ainura.aldiarova@kaznaru.edu.kz

(3: RB) r.bespayeva@kazatu.edu.kz; (4: ZhKh) zh.khussainova@kazatu.edu.kz

Received: 10.06.2026 **Accepted:** 30.06.2026 **Published:** 30.06.2026

Copyright: Sungat S. Malikov et al. This article is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Abstract

Background and Aim. Climate change, growing pressure on water resources, and increasing agricultural demand for water require more efficient irrigation management. The digital transformation of water management improves water-use efficiency and strengthens the resilience of irrigation systems. This study evaluates water distribution efficiency in the Almaty region and substantiates the use of digital technologies for water resources management under stochastic variability in water availability.

Materials and methods. The study was based on statistical data on water use in the Almaty region for 2010–2024, hydrological records of the Ili River basin, and official data from Kazakhstan's authorized water management agencies. Systems analysis, comparative assessment, statistical analysis, correlation analysis, and regression modeling were applied. The coefficients of variation, correlation, and determination were calculated to evaluate water distribution efficiency. The applicability of GIS, IoT, SCADA systems, digital twins, and artificial intelligence to irrigation management was also assessed.

Results. The results indicate an improvement in the efficiency of water resources management. Water withdrawal increased by 20.8%, while the water distribution efficiency coefficient rose from 0.62 to 0.77 and water losses decreased from 38% to 25%. Irrigation water consumption per unit area declined by 22%, resulting in estimated annual water savings of approximately 640 million m³. A strong negative correlation was found between water losses and system efficiency ($r = -0.89$). The regression model demonstrated high explanatory power ($R^2 = 0.86$), confirming the robustness of the results. The implementation of digital technologies contributes to more efficient water allocation, reduces water losses, and greater resilience of irrigation systems.

Conclusion. Digital technologies enhance the efficiency and sustainability of water resources management by improving water distribution, reducing losses, and the adaptability of irrigation systems to hydrological variability. The proposed digital–stochastic framework provides a scientific and methodological basis for developing digital water management platforms and decision-support systems, as well as for the practical implementation of adaptive water allocation technologies in irrigation management.

Keywords: digitalization; water distribution; digital technologies; irrigation systems; water resources; Almaty region.

Introduction

Climate change, increasing anthropogenic pressure, and growing agricultural demand for water have become critical factors affecting the sustainability of agricultural production. According to international assessments, agriculture accounts for nearly 70% of global freshwater withdrawals, while water scarcity is increasingly recognized as one of the major threats to food security [1]. This issue is particularly important in regions with extensive irrigated agriculture, where the efficiency of water allocation directly affects crop productivity and the effective use of land resources [2, 3].

The Almaty region is one of Kazakhstan's major irrigated agricultural areas in terms of both irrigated land area and water use. The formation of regional water resources depends on hydrological, climatic, and anthropogenic factors, resulting in considerable interannual variability and an increased probability of water shortages [4, 5]. Ongoing climate change is altering established water supply regimes and intensifying risks to agricultural production systems [6].

Conventional approaches to water distribution management, which rely on fixed water delivery schedules and long-term mean runoff values, have become less effective under current environmental conditions. Such methods do not adequately account for the stochastic nature of water resource formation or the variability of hydrological processes [7, 8]. Therefore, integrated water resources management has gained increasing importance, as it emphasizes the consideration of economic, environmental, and social factors in decision-making [1, 9].

Recent studies indicate that the digital transformation of the water sector offers significant opportunities to improve water-use efficiency. The application of geographic information systems (GIS), Internet of Things (IoT) technologies, SCADA systems, decision-support systems (DSS), artificial intelligence methods, and digital twin concepts enables continuous monitoring of water systems and enhances the quality of water management decisions [10]. In recent years, machine learning approaches have been increasingly used for hydrological forecasting, flood risk assessment, and water resources management [11]. Furthermore, integrated modeling frameworks and decision-support systems facilitate comprehensive analysis of water-use processes and contribute to more effective management of water infrastructure [12, 13].

The adoption of digital technologies has demonstrated considerable potential to reduce water losses, improve the accuracy of water demand forecasts, and increase the efficiency of water allocation [14, 15]. However, most previous studies have focused on individual aspects of digitalization and have paid limited attention to the influence of stochastic water availability on irrigation management [7, 11].

In Kazakhstan, the integrated application of digital technologies combined with stochastic modeling of water resources remains insufficiently investigated. At the same time, the digital transformation of the water sector has become one of the strategic priorities of national water policy, as reflected in the Water Resources Management Development Concept of the Republic of Kazakhstan for 2024–2030 and the Comprehensive Water Sector Development Plan of the Republic of Kazakhstan [16].

The present study aims to assess the efficiency of water distribution under conditions of stochastic variability in water availability and to substantiate the application of digital technologies for irrigation system management. The scientific novelty of the research lies in the development of an integrated digital–stochastic approach to water distribution management that combines statistical analysis, assessment of water resource uncertainty, and advanced digital management technologies. The proposed framework makes it possible to account for interannual fluctuations in water availability and adapt water allocation regimes to the challenges associated with climate change and increasing water scarcity.

Materials and Methods

The study was based on a comprehensive assessment of water resources management and water distribution processes in the irrigation systems of the Almaty region, Republic of Kazakhstan. The information base included statistical data on water withdrawal, water consumption, and water losses, official reports of the Ministry of Water Resources and Irrigation of the Republic of Kazakhstan, and hydrological observations from the Ili River basin. The methodological framework combined integrated water resources assessment, hydrological time-series analysis, system modelling, and digital water management approaches, including integrated environmental modelling, artificial intelligence, and digital twin technologies for irrigation management and decision support [7, 8, 12, 13, 14, 15].

The study relied on an integrated systems approach combining water management, statistical analysis, and digital assessment techniques. Systems analysis methods were applied to examine the structure and functioning of water distribution processes as an essential component of water resources management under conditions of variable water availability. Comparative analysis was used to evaluate existing water allocation approaches and identify opportunities for implementing advanced digital technologies in irrigation management [7, 9, 10].

Statistical methods and time-series analysis techniques were used to investigate the variability of water resources. Hydrological observations were analyzed with consideration of the stochastic nature of river runoff formation, which made it possible to assess the influence of climatic and hydrological factors on water supply processes [4, 5, 6]. Descriptive statistics, correlation analysis, and variability assessment methods were applied during data processing.

The coefficient of variation was used to quantify the degree of variability in water resources (1):

$$CV = \left(\frac{\sigma}{\bar{X}} \right) \times 100, \quad (1)$$

where

CV – denotes the coefficient of variation (%),

σ represents the standard deviation,

$\bar{X}$ is the mean value of the analyzed indicator.

To determine the strength of the relationship between water losses and the efficiency of water distribution, the Pearson correlation coefficient was applied (2):

$$r = \frac{\sum[(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]}{\sqrt{[\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2]}}, \quad (2)$$

where

r is the Pearson correlation coefficient;

x_i and y_i are the observed values of the analyzed variables;

$\bar{x}$ and $\bar{y}$ denote their corresponding mean values.

The efficiency of water distribution was evaluated using the following expression (3):

$$E = \left(\frac{W_u}{W_s} \right), \quad (3)$$

where

E is the water distribution efficiency coefficient;

W_u represents the volume of effectively utilized water;

W_s denotes the total volume of supplied water.

The empirical basis of the study consisted of official statistical information and analytical reports issued by the water management authorities of the Republic of Kazakhstan. These data characterize trends in water consumption, the efficiency of water allocation, and the operational condition of irrigation systems. The use of long-term observation records ensured the reliability and representativeness of the obtained results.

The empirical dataset included annual observations for the period 2010–2024 ($n = 15$), covering indicators of water withdrawal, irrigation water losses, river runoff, and water distribution efficiency in the Almaty region. Statistical processing and regression analysis were performed using IBM SPSS Statistics 27 and Microsoft Excel 365. Prior to model estimation, the data were examined for completeness, consistency, and the absence of significant outliers. The assumptions of linear regression were evaluated through residual analysis, including tests for linearity, homoscedasticity, normality of residuals, and multicollinearity. Model adequacy was assessed using the coefficient of determination (R^2), adjusted R^2 , F-statistic, p-value (<0.05), and mean approximation error. Internal validation was performed by comparing predicted and observed values and analyzing residual distributions, confirming the robustness and reliability of the developed regression model.

The assessment of water distribution management efficiency was carried out within the framework of contemporary concepts of integrated water resources management and adaptive management

approaches [1, 9]. In addition, probabilistic analysis methods were employed to account for uncertainties associated with water resource formation and to evaluate potential risks of water shortages under varying hydrological conditions [5, 8].

A distinctive feature of the study is the application of an integrated approach that combines stochastic analysis techniques with advanced digital technologies for water management. Particular attention was given to the potential use of geographic information systems (GIS), supervisory control and data acquisition (SCADA) systems, decision-support systems (DSS), Internet of Things (IoT) technologies, artificial intelligence tools, machine learning methods, and digital twin technologies to improve the efficiency of water distribution processes [10–15].

The proposed methodological framework is reproducible and relies on widely accepted analytical approaches recommended in contemporary studies on water resources management and the digital transformation of water systems. The integrated digital–stochastic model developed in this study enables the incorporation of water resource variability into the decision-making process and provides a scientific basis for management strategies aimed at improving the operational performance of irrigation systems.

By combining stochastic analysis with modern digital technologies, the proposed approach makes it possible to account for uncertainties in water availability, support adaptive water allocation, and enhance the resilience of irrigation systems under changing climatic and hydrological conditions.

Results

The conducted study made it possible to identify the principal patterns of water use development and the efficiency of water distribution in the Almaty region. The findings indicate increasing pressure on the regional water management system, considerable variability in water availability, and the growing need for the implementation of digital management technologies.

To evaluate long-term trends in water use, an analysis of water withdrawal dynamics in the Almaty region was carried out. The results of this assessment are presented in Table 1.

Table 1 – Dynamics of Water Withdrawal in the Almaty Region

Year	Water intake, mln m ³	Growth rate, %
2010	5200	100.0
2014	5680	104.2
2018	6150	103.9
2020	6030	98.0
2022	6280	104.1

Note: data compiled based on source [17]

As shown in Table 1, the volume of water withdrawal increased from 5.200 to 6.280 mln m³ during the study period, representing an overall growth of 20.8%. This upward trend reflects the increasing demand for water resources associated with agricultural development in the region.

The growth in water withdrawal volumes was accompanied by the expansion of agricultural production and a rising demand for irrigation water. At the same time, a gradual improvement in water use efficiency was observed.

One of the key indicators of water use efficiency is the amount of water consumed per unit area of irrigated land. During the study period, specific water consumption decreased from 9.100 to 7.100 m³/ha, corresponding to a reduction of approximately 22%.

The decline in unit water consumption indicates improvements in water use efficiency and the implementation of water-saving measures. Assuming that the irrigated area remained relatively stable, the achieved reduction in water consumption corresponds to annual water savings of approximately 640 mln m³.

An important outcome of the study was the assessment of water distribution efficiency. The results revealed that water losses within the irrigation network decreased from 38% to 25%, while the water distribution efficiency coefficient increased from 0.62 to 0.77 (Table 2).

Table 2 – Indicators of Water Distribution Efficiency

Indicator	2010	2024
Water intake, mln m ³	3750	4360
Water loss, %	38	25
Efficiency coefficient	0.62	0.77
Efficiency increase, %	–	24.2

Note: data compiled based on source [17]

The statistical analysis revealed a strong inverse relationship between water losses and the efficiency of water distribution. The calculated correlation coefficient reached $r = -0.89$, indicating that the performance of the irrigation system is highly dependent on the magnitude of water losses within the distribution network.

The analysis of the stochastic behavior of water resource formation in the Ili River basin demonstrated considerable year-to-year fluctuations in river discharge. The maximum runoff volume reached 15.400 mln m³, whereas the minimum value amounted to 10.900 mln m³. The coefficient of variation was estimated at 11.8%, indicating a moderate level of hydrological variability within the observed series.

To assess the stochastic variability of water resources, an analysis of the interannual dynamics of river runoff in the Ili River basin was performed. The results of the analysis are presented in Figure 1.

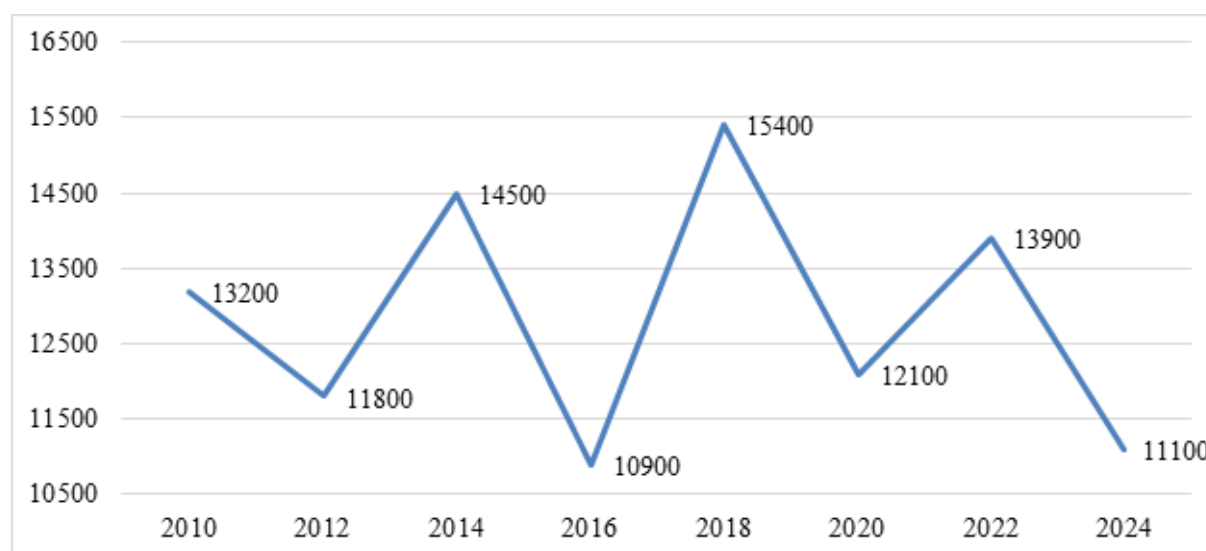


Figure 1 – Interannual variability of river runoff in the Ili River basin

As illustrated in Figure 1, river runoff in the Ili River basin exhibits substantial interannual fluctuations. The lowest recorded runoff volume was 10.900 mln m³, whereas the highest value reached 15.400 mln m³. The calculated coefficient of variation of 11.8% indicates a moderate degree of variability in the available water resources.

These findings demonstrate that effective water distribution management cannot rely solely on long-term average standards and fixed allocation schemes. The occurrence of low-water periods significantly increases the probability of water shortages within irrigation systems and creates additional challenges for sustainable water management.

To quantitatively evaluate the influence of the investigated factors on water distribution efficiency, a linear regression model was developed (4):

$$E = a + b_1 L + b_2 Q + \varepsilon, \quad (4)$$

where

E denotes the water distribution efficiency coefficient;

L represents water losses within the irrigation network;

Q is the volume of water withdrawal;

a is the intercept of the regression model;

b_1 and b_2 are the regression coefficients;

ε denotes the random error term.

The correlation and regression analyses revealed statistically significant relationships among the investigated variables, confirming the influence of the selected factors on the efficiency of water distribution (Table 3).

Table 3 – Results of regression analysis

Indicator	Meaning
Coefficient of Determination (R^2)	0.86
Adjusted R^2	0.83
F-statistic	27.4
Mean Approximation Error, %	5.8
p-value	<0.05

The obtained values of the coefficient of determination indicate a strong explanatory capability of the developed model. The value of $R^2 = 0.86$ demonstrates that approximately 86% of the variation in water distribution efficiency can be explained by the factors included in the regression model. Furthermore, the relatively low approximation error confirms the adequacy and reliability of the proposed model.

Particular attention was given to evaluating the impact of digital technologies on water resources management. The analysis showed that the implementation of geographic information systems, SCADA platforms, Internet of Things technologies, and digital twin solutions contributes to improved operational performance and increased efficiency of irrigation systems.

To estimate the potential benefits of management digitalization, a comparative assessment of contemporary digital technologies was conducted. The corresponding results are presented in Figure 2.

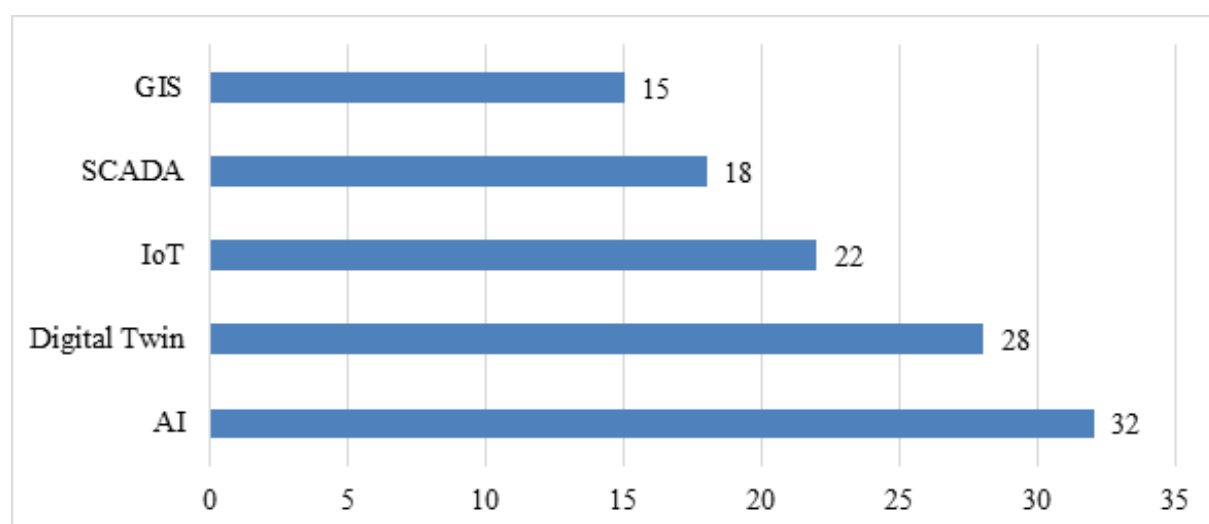


Figure 2 – Impact of digital technologies on water distribution efficiency

According to the results presented in Figure 2, the greatest improvement in water distribution performance was observed under the scenario incorporating artificial intelligence and digital twin technologies. Model simulations indicate that these approaches could improve the operational efficiency of irrigation water distribution by approximately 28–32% compared with conventional management practices.

The findings indicate that the digital transformation of irrigation management can substantially reduce water losses, improve the timeliness and quality of operational decision-making, and increase the

adaptability of water allocation under changing hydrological conditions. Unlike conventional rule-based management, digital approaches enable adaptive water distribution based on continuous monitoring, real-time data processing, and predictive analysis.

The proposed framework can be implemented through the development of a digital twin of irrigation systems that integrates hydrological observations, IoT sensor networks, geographic information systems, remote sensing data, and artificial intelligence algorithms. Such an integrated platform would provide real-time monitoring, scenario simulation, and adaptive decision support, thereby increasing the resilience and efficiency of irrigation management under conditions of stochastic water availability.

Discussion

The obtained results are consistent with previous studies demonstrating the effectiveness of digital technologies in water resources management. Recent research has shown that machine learning, artificial intelligence, and integrated digital platforms improve the accuracy of hydrological forecasting, optimize water allocation, and enhance decision-making in irrigation systems.

The obtained results are consistent with recent international studies demonstrating that digital water management technologies can significantly improve irrigation efficiency under conditions of increasing climate variability. Recent research indicates that artificial intelligence enhances operational water management by improving forecasting accuracy, optimizing water allocation, and reducing water losses. In addition, digital twin technologies enable continuous monitoring, scenario simulation, and adaptive decision-making, thereby increasing the efficiency and resilience of irrigation systems under changing hydrological conditions.

Similar findings have been reported in studies conducted in China, Australia, and several European countries, where the implementation of intelligent decision-support systems and digital monitoring technologies reduced irrigation water losses by approximately 15–30% and improved operational efficiency and the reliability of water distribution. These international experiences indicate that advanced digital technologies can be successfully adapted to the irrigation systems in Kazakhstan, taking into account regional hydrological variability and increasing uncertainty associated with climate change.

Compared with previous studies, the present research contributes to the field by integrating stochastic analysis of water availability with a comprehensive assessment of digital technologies within a single methodological framework. While many published studies investigate individual technologies such as GIS, IoT, or artificial intelligence separately, the proposed approach combines statistical modelling, uncertainty assessment, and digital decision-support tools within an integrated irrigation management framework. This integrated methodology provides a more comprehensive basis for adaptive water allocation under conditions of hydrological uncertainty and climate change.

Unlike many existing studies that focus on individual digital technologies or specific components of irrigation management, the proposed approach integrates stochastic assessment of water availability, statistical modelling, and multiple digital technologies within a unified decision-support framework. This integration improves the adaptability of water allocation to hydrological uncertainty and provides a more comprehensive basis for operational water management. Furthermore, the proposed methodology can support the development of national digital water management platforms aligned with current priorities for water sector modernization in Kazakhstan.

Overall, the study confirmed a consistent trend toward improving water distribution efficiency in the Almaty region, identified the stochastic characteristics of water resource formation, and demonstrated the significant potential of digital technologies for enhancing irrigation management. The proposed framework provides a scientific basis for developing digital water management platforms and decision-support systems aimed at increasing the sustainability, efficiency, and resilience of irrigation water allocation under conditions of growing climate uncertainty.

Conclusion

The present study assessed the efficiency of water distribution management under conditions of stochastic variability in water resources in the Almaty region. The findings demonstrated that interannual fluctuations in river runoff significantly affect the reliability of water supply and the operational performance of irrigation systems. Statistical analyses revealed strong relationships among water withdrawal volumes, water losses, and indicators of water distribution efficiency.

The developed regression model demonstrated high explanatory power ($R^2 = 0.86$), confirming the robustness of the results and indicating the potential applicability of the model for predicting water distribution performance under different water availability scenarios.

The study also showed that the implementation of geographic information systems, Internet of Things technologies, automated control systems, digital twin technologies, and artificial intelligence methods can significantly improve water resources management, reduce water losses, and increase the efficiency of operational decision-making.

The proposed digital–stochastic framework can serve as a methodological basis for introducing digital decision-support systems into the activities of water management organizations in the Republic of Kazakhstan. Its implementation may improve the operational planning of irrigation water distribution, enhance monitoring of water-use efficiency, reduce water losses, and support adaptive management under conditions of increasing climate variability. The proposed approach may also be integrated into national programs aimed at the digital transformation of the water sector and modernization of irrigation infrastructure.

The study has several limitations. First, the empirical analysis is based on statistical data from the Almaty region, which may limit the direct transferability of the results to other river basins with different hydrological and institutional conditions. Second, the proposed digital management framework was evaluated using statistical modelling and analytical assessment, whereas its full-scale implementation within operational irrigation systems requires additional pilot testing under real-world conditions.

Future research should focus on validating the proposed framework in other irrigation regions of Kazakhstan and Central Asia, integrating real-time sensor networks and remote sensing data, and developing operational digital twin platforms supported by artificial intelligence. Further investigations should also evaluate the economic efficiency and scalability of digital water management technologies under different climatic and hydrological scenarios.

Authors' Contributions

SS and YeZh: conceptualized and designed the study, developed the research methodology, collected and analyzed the data, and drafted the manuscript. AA: contributed to the interpretation of the results, reviewed the literature, and participated in manuscript preparation. RB and ZhKh: conducted statistical analysis, interpreted the results, critically revised the manuscript, and supervised the research process. All authors read, reviewed, and approved the final version of the manuscript.

Information of funding

This study is funded by the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan for 2024-2026 within the framework of project BR22886885 «Development of organizational and economic measures to improve the efficiency of using the resource potential of agricultural production».

References

- 1 UNESCO World Water Assessment Programme. (2026). *The United Nations World Water Development Report 2026: Water for All People: Equal Rights and Opportunities*. Paris: UNESCO, 157. DOI: 10.54679/NXCL7067.
- 2 Molden, D., Oweis, T., Steduto, P., Bindraban, P., Hanjra, M.A., Kijne, J. (2010). Improving agricultural water productivity: Between optimism and caution. *Agricultural Water Management*, 97(4), 528–535. DOI: 10.1016/j.agwat.2009.03.023.
- 3 Perry, C., Steduto, P., Allen, R.G., Burt, C.M. (2009). Increasing productivity in irrigated agriculture: Agronomic constraints and hydrological realities. *Agricultural Water Management*, 96(11), 1517–1524. DOI: 10.1016/j.agwat.2009.05.005.
- 4 Kundzewicz, Z.W., Mata, L.J., Arnell, N.W., Döll, P., Kabat, P., Jiménez, B., Miller, K.A., Oki, T., Şen, Z., Shiklomanov, I. (2007). Freshwater resources and their management. In: *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge University Press, 173–210.
- 5 Koutsoyiannis, D. (2011). Hurst-Kolmogorov dynamics and uncertainty. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 47(3), 481–495. DOI: 10.1111/j.1752-1688.2011.00543.x.

- 6 Milly, P.C.D., Betancourt, J., Falkenmark, M., Hirsch, R.M., Kundzewicz, Z.W., Lettenmaier, D.P., Stouffer, R.J. (2008). Stationarity is dead: Whither water management? *Science*, 319(5863), 573–574. DOI: 10.1126/science.1151915.
- 7 Loucks, D.P., van Beek, E. (2017). *Water Resource Systems Planning and Management: An Introduction to Methods, Models and Applications*. Cham: Springer. DOI: 10.1007/978-3-319-44234-1.
- 8 Salas, J.D., Delleur, J.W., Yevjevich, V., Lane, W.L. (1980). *Applied Modeling of Hydrologic Time Series*. Littleton: Water Resources Publications. <https://ru.scribd.com/doc/314526193/Applied-Modeling-of-Hydrologic-Time-Series>.
- 9 Rahaman, M.M., Varis, O. (2005). Integrated water resources management: Evolution, prospects and future challenges. *Sustainability: Science, Practice and Policy*, 1(1), 15–21. DOI: 10.1080/15487733.2005.11907961.
- 10 Pahl-Wostl, C., Palmer, M., Richards, K. (2013). Enhancing water security for the benefits of humans and nature – the role of governance. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(6), 676–684. DOI: 10.1016/j.cosust.2013.10.018.
- 11 Mosavi, A., Ozturk, P., Chau, K.W. (2018). Flood prediction using machine learning models: literature review. *Water*, 10(11), 1536. DOI: 10.3390/w10111536.
- 12 Rizzoli, A.E., Leavesley, G., Ascough, J.C. II, Argent, R.M., Athanasiadis, I.N., Brilhante, V., Claeys, F.H.A., David, O., Donatelli, M., Gijsbers, P., Havlik, D., Kassahun, A., Krause, P., Quinn, N.W.T., Scholten, H., Sojda, R.S., Villa, F. (2008). *Integrated Modelling Frameworks for Environmental Assessment and Decision Support*. In: iEMSs 2008: International Congress on Environmental Modelling and Software. Barcelona, Spain. <https://digitalcommons.unl.edu/usgsstaffpub/196>.
- 13 Morain, A., Hawkins, L., Poole, K., Jones, M., Washington, B., Anandhi, A. (2025). Artificial intelligence applications in water management: bibliometric analysis, challenges, and knowledge gaps. *Journal of Water and Climate Change*, 16(12), 3610–3647. DOI: 10.2166/wcc.2025.740.
- 14 Tao, F., Zhang, M., Liu, Y., Nee, A.Y.C. (2019). *Digital Twin Driven Smart Manufacturing*. Academic Press, Cambridge. DOI: 10.1016/C2018-0-02206-9.
- 15 Rashid, M., Saeed, A., Khalid, M., Murtaza, A., Saleem, M.W. (2026). The transformative role of artificial intelligence in water resources engineering: A comprehensive review. *Environmental Modelling & Software*, 197, 106857. DOI: 10.1016/j.envsoft.2026.106857.
- 16 Ministry of Water Resources and Irrigation of the Republic of Kazakhstan. (2024). *The concept of development of the water resources management system of the Republic of Kazakhstan for 2024-2030*. Astana. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2400000066>.
- 17 Ministry of Water Resources and Irrigation of the Republic of Kazakhstan. (2025). *All materials. Publications*. Astana. <https://www.gov.kz/memleket/entities/water/press/article/1?lang=ru>.

Суару жүйелеріндегі су бөлуді басқаруға цифрлық технологияларды интеграциялау

Маликов С.С., Жандияр Е.Г., Алдиярова А.Е., Беспаетова Р.С., Хусаинова Ж.С.

Түйін

Алғышарттар мен мақсат. Климаттың өзгеруі, су ресурстарына түсетін жүктеме және ауыл шаруашылығының суға деген сұранысының артуы суаруды тиімді басқаруды талап етеді. Су шаруашылығын цифрлық трансформациялау суды пайдалану тиімділігін арттырып, суару жүйелерінің орнықтылығын күшейтеді. Зерттеудің мақсаты – Алматы облысындағы су бөлудің тиімділігін бағалау және су ресурстарының стохастикалық өзгермелілігі жағдайында оларды басқаруда цифрлық технологияларды қолдануды негіздеу.

Материалдар мен әдістер. Зерттеу 2010–2024 жылдардағы Алматы облысындағы су пайдалану жөніндегі статистикалық деректерге, Іле өзені алабының гидрологиялық бақылау материалдарына және Қазақстан Республикасының су шаруашылығы саласындағы уәкілетті органдарының ресми мәліметтеріне негізделді. Жүйелік талдау, салыстырмалы бағалау, статистикалық талдау, корреляциялық талдау және регрессиялық модельдеу әдістері қолданылды. Су бөлудің тиімділігін бағалау үшін вариация, корреляция және детерминация коэффициенттері есептелді.

Сонымен қатар, суаруды басқаруда геоақпараттық жүйелердің (GIS), Заттар интернетінің (IoT), SCADA жүйелерінің, цифрлық егіздердің және жасанды интеллекттің қолданылуы бағаланды.

Нәтижелер. Алынған нәтижелер су ресурстарын басқару тиімділігінің артқанын көрсетті. Су алу көлемі 20,8%-ға ұлғайып, су бөлудің тиімділік коэффициенті 0,62-ден 0,77-ге дейін өсті, ал су шығындары 38%-дан 25%-ға дейін азайды. Суармалы жердің бірлік ауданына шаққандағы су тұтыну 22%-ға төмендеп, жыл сайын шамамен 640 млн м³ су үнемдеуге мүмкіндік берді. Су шығындары мен жүйе тиімділігі арасында күшті теріс корреляция анықталды ($r = -0,89$). Регрессиялық модель жоғары түсіндіру қабілетін көрсетті ($R^2 = 0,86$), бұл алынған нәтижелердің сенімділігін растады. Цифрлық технологияларды енгізу су ресурстарын тиімдірек бөлуге, су шығындарын қысқартуға және суару жүйелерінің орнықтылығын арттыруға ықпал етеді.

Қорытынды. Цифрлық технологиялар су бөлуді жетілдіру, су шығындарын азайту және гидрологиялық өзгермелілік жағдайында суару жүйелерінің бейімделу қабілетін арттыру арқылы су ресурстарын басқарудың тиімділігі мен орнықтылығын қамтамасыз етеді. Ұсынылған цифрлық-стохастикалық тәсіл су ресурстарын басқарудың цифрлық платформаларын, шешім қабылдауды қолдау жүйелерін әзірлеуге және суаруды басқаруда суды бейімделген түрде бөлу технологияларын практикалық енгізуге ғылыми-әдістемелік негіз қалайды.

Кілт сөздер: цифрландыру; су бөлу; цифрлық технологиялар; суару жүйелері; су ресурстары; Алматы облысы.

Интеграция цифровых технологий в управление водораспределением на оросительных системах

Маликов С.С., Жандияр Е.Г., Алдиярова А.Е., Беспаетова Р.С., Хусаинова Ж.С.

Аннотация

Предпосылки и цель. Изменение климата, возрастающая нагрузка на водные ресурсы и увеличение потребности сельского хозяйства в воде требуют повышения эффективности управления орошением. Цифровая трансформация управления водными ресурсами способствует повышению эффективности водопользования и устойчивости оросительных систем. Целью исследования является оценка эффективности водораспределения в Алматинской области и обоснование применения цифровых технологий для управления водными ресурсами в условиях стохастической изменчивости водообеспеченности.

Материалы и методы. Исследование основано на статистических данных по водопользованию в Алматинской области за 2010–2024 гг., гидрологических наблюдениях по бассейну реки Или и официальной информации уполномоченных органов Республики Казахстан в сфере водного хозяйства. Применялись методы системного анализа, сравнительной оценки, статистического анализа, корреляционного анализа и регрессионного моделирования. Для оценки эффективности водораспределения рассчитывались коэффициенты вариации, корреляции и детерминации. Оценивались возможности применения геоинформационных систем (GIS), Интернета вещей (IoT), систем SCADA, цифровых двойников и технологий искусственного интеллекта в управлении орошением.

Результаты. Полученные результаты свидетельствуют о повышении эффективности управления водными ресурсами. Объем водозабора увеличился на 20,8 %, при этом коэффициент эффективности водораспределения вырос с 0,62 до 0,77, а потери воды сократились с 38% до 25 %. Удельное водопотребление уменьшилось на 22%, обеспечив ежегодную экономию около 640 млн м³ воды. Выявлена сильная отрицательная корреляция между потерями воды и эффективностью системы ($r = -0,89$). Регрессионная модель продемонстрировала высокую объясняющую способность ($R^2 = 0,86$), подтвердив надежность полученных результатов. Внедрение цифровых технологий способствует более эффективному распределению водных ресурсов, сокращению потерь воды и повышению устойчивости оросительных систем.

Закключение. Цифровые технологии повышают эффективность и устойчивость управления водными ресурсами за счет совершенствования водораспределения, сокращения потерь воды и

повышения адаптивности оросительных систем к гидрологической изменчивости. Предложенная цифровая стохастическая модель создает научно-методическую основу для разработки цифровых платформ управления водными ресурсами, систем поддержки принятия решений и практического внедрения технологий адаптивного водораспределения в управление оросительными системами.

Ключевые слова: цифровизация; водораспределение; цифровые технологии; оросительные системы; водные ресурсы; Алматинская область.

Дәйексөз үшін: Слямова Н.Д., Бастаубаева Ш.О., Жакатаева А.Н., Жолдасбайұлы Ж., Колусенко М.Г. (2026). Биологиялық препараттардың топырақтың микробиологиялық белсенділігіне және органикалық егіншіліктегі жаздық бидайдың өнімділігіне әсері. *Еуразиялық агротехникалық журнал*, 2(130), 217-229. DOI: [https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2\(130\).2228](https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2(130).2228)

ӨОЖ 6631.46:631.147:633.11

Зерттеу мақаласы

Биологиялық препараттардың топырақтың микробиологиялық белсенділігіне және органикалық егіншіліктегі жаздық бидайдың өнімділігіне әсері

Слямова Н.Д. , Бастаубаева Ш.О. , Жакатаева А.Н. ,
Жолдасбайұлы Ж. , Колусенко М.Г. 

Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты
Алматы қаласы, Қазақстан

Автор-корреспондент: Жакатаева А.: a.jan1990@mail.ru

Бірлескен авторлар: (1: НС) n.slyamova@mail.ru; (2: ШБ) sh.bastaubaeva@mail.ru
(3: ЖЖ) zhan9-3@mail.ru, (4: МГ) maurishka@mail.ru

Келіп түсті: 28.04.2026 **Қабылданды:** 29.06.2026 **Жарияланды:** 30.06.2026

Авторлық құқық: Жакатаева А. т.б. Бұл мақала ашық қолжетімділікте жарияланып, Creative Commons Attribution 4.0 халықаралық лицензиясының шарттарына сәйкес таратылады (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Түйін

Алғышарттар мен мақсат. Ауыл шаруашылығы тұрақты даму қағидаларына сәйкес экологиялық тұрақтылыққа бағытталған өндіріс жүйесіне көшу жағдайында синтетикалық тыңайтқыштар мен химиялық қорғау құралдарын шектеуге негізделген органикалық егіншілік ерекше өзектілікке ие болуда. Осы тұрғыда, топырақтың биологиялық белсенділігін арттыруға, қоректік элементтердің минералдануы мен трансформациясы үдерістерді жеделдетуге, сондай-ақ ауыл шаруашылығы дақылдарының тұрақты өнім қалыптастыруына ықпал ететін микробиологиялық құралдар – биопрепараттардың рөлі маңызды.

Материалдар мен әдістер. Зерттеулер Қазақстанның оңтүстік-шығыс аймағының ашық күрең топырағында, «Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми зерттеу институты» ЖШС (ҚазЕӨШҒЗИ) органикалық стационарында бидай егістіктеріне жүргізілді. Зерттеудің мақсаты – органикалық егіншілік жағдайында әртүрлі биопрепараттарды қолдану арқылы топырақтың агробиологиялық және микробиологиялық қасиеттеріне, егістің фитосанитарлық жағдайына және жаздық бидай өнімділігіне әсеріне зерттеу жүргізіліп бағаланды. Зертханалық және далалық зерттеу жұмысы барысында фитопатогенді саңырауқұлақтарды тежеу дәрежесі зерттелді, өсімдіктердің өсуі мен дамуына фенологиялық бақылаулар жүргізілді, егістіктің аурулар мен зиянкестермен залалдану деңгейі бағаланды, өнім құрылымының элементтері есепке алынды.

Нәтижелер. Алынған нәтижелер биопрепараттың топырақтың биологиялық жағдайына және жаздық бидайдың өнімділігіне оң әсер ететінін көрсетті. Бактериялық биопрепараттарды қолдану биологиялық және қоршаған ортаға пестицидтік жүктемені азайтудың перспективалы әдісі деп санауға болады.

Қорытынды. Зерттеуге сәйкес, ең тиімді биопрепараттар топырақтың фосфаттың нашар еритін түрін мобилизациялайтын микробтық өнім Фосфобацирин С болды.

Кілт сөздер: органикалық егіншілік; жаздық бидай; биологиялық препараттар; микроорганизмдер.

Кіріспе

Органикалық егіншілік өзінің экологиялық артықшылықтары мен топырақтың тұрақтылығын, биологиялық әралуандылық пен ұзақ мерзімді денсаулықты қамтамасыз етудегі рөлінің

арқасында көбірек танылуда. Экологиялық тепе-теңдікті бірінші орынға қоятын, синтетикалық материалдарды пайдалануды азайтатын және қоректік заттардың табиғи айналым процестеріне сүйенетін бұл ауыл шаруашылық тәсіл топырақ құрылымын сақтау және көміртекті байланыстыру үшін айтарлықтай артықшылықтар береді [1].

Органикалық егіншілікте ауыспалы егіс, топырақты өңдеу және тағы басқада өңдеу әдістерін қолдану арқылы топырақтағы органикалық заттардың құрамын байытып арттыруға болады, ылғал жүйесін жақсартып қана қоймай микроорганизмдердің белсенділігін ынталандырады. Яғни, ауыл шаруашылығы жүйелерінің тұрақтылығын сақтап және органикалық егіншілікпен дәстүрлі егіншіліктің айырмашылығын салыстырғанда нәтижесінде ауыл шаруашылығы жүйелерінің жалпы тұрақтылығына ықпал етеді [2].

Негізгі шектеулердің бірі –қоректік заттардың қол жетімділігі, өйткені органикалық жүйелер биологиялық тыңайтқыштардың баяу бөлінуіне байланысты, бұл дақылдардың өсуінің маңызды кезеңдерінде қоректік заттардың жетіспеушілігіне әкелуі мүмкін. Керісінше, дәстүрлі егіншілік синтетикалық материалдарды пайдалану арқылы қоректік заттардың дереу қолжетімділігін қамтамасыз етеді, бұл егін өсірудің болжамды нәтижелеріне әкеледі [3]. Осыған байланысты қоректік заттардың қолжетімділігін арттыруға, топырақтағы микробиологиялық процестерді белсендіруге және органикалық егіншілік жағдайында дақылдардың тұрақты өнімділігін қамтамасыз етуге қабілетті тиімді биологиялық құралдарды іздеу ерекше өзекті болып отыр [4]. Құрамында ассоциативті және еркін өмір сүретін микроорганизмдері бар биологиялық заттарды қолдану қоректік заттардың жетіспеушілігін өтеудің және органикалық агротехнологияның тиімділігін арттырудың перспективалы тәсілдерінің бірі ретінде қарастырылады [5]. Жоғарыда айтылғандарға сүйене отырып, осы зерттеу шеңберінде «KZ-231» сортының жаздық бидайының өнімділігіне биопрепараттардың әсерін анықтау, топырақтың микробиологиялық белсенділігінің өзгерістерін бағалау, сондай-ақ тәжірибелік учаске жағдайында неғұрлым тиімді биопрепаратты анықтау бойынша міндеттер қойылды.

Материалдар мен әдістер

Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығының ғылыми зерттеу институтында 2024–2025 жылдары сәуір айының басында органикалық стационарлық учаскесінде жаздық жұмсақ «KZ-231» сортының бидайына далалық тәжірибие зерттеу жұмыстары жасалды.

«KZ-231» (R-1) сорты (*Безостая 1* × *Aegilops triaristata* Willd) × *Карлыгаш*. Түрі (*Triticum aestivum* L) – *reiterspermum*. Масағы ақ, дәні қызыл, масақ қабықшасы түкті емес. Қылқандарының түсі ақ, салмағы 1000 дән 45,0 г, астық өнімділігі 40,6 ц/га. Септориозға, шанды және қатты қарақүйеге төзімді [6].

Топырақты өңдеу 2024 жылдың күз айларында орылған егіс жерін дискілеу жұмыстары және жер жыртумен басталды. Содан кейін егу алдындағы тырмалап культивациялау жүргізілді. Топырағы – ашық күрең, қарашірік мөлшері 1,5-1,9%. ҚазЕӨШҒЗИ органикалық егіншілік зертханасы стационарының аумағында тікелей орнатылған «i-Metos» далалық метеостанциясының деректеріне сәйкес ауа райы жағдайлары орнады.

Ғылыми зерттеу барысында өсімдіктің морфологиялық өсуіне және өнімділігіне биологиялық препараттардың әсері зерттелді (1-кесте).

Зерттеу нысаны ретінде келесідей биологиялық препараттар қолданылды:

- Экстрасол (*Bacillus subtilis*) негізіндегі микробиологиялық препарат;
- Азотобактерин АС (*Azotobacter* spp.) азотфиксациялаушы бактериялар негізіндегі биологиялық препарат;
- Плантобактерин АС 24 (*Pseudomonas* және *Bacillus*) туысына жататын фитоынталандырғыш және антагонистік микроорганизмдер кешені және өсімдіктердің өсуін ынталандырып, фитопатогендердің өсуін тежейтін биологиялық препарат;
- Фосфобактерин С (*Bacillus megaterium*, *Pseudomonas fluorescens*) қиын еритін фосфор қосылыстарын өсімдікке қолжетімді формада түрінде айналдыратын фосфатмобилизациялаушы микроорганизмдер негізіндегі биологиялық препарат.

1-кесте – Тәжірибе нұсқасы

№	Биопрепарат атауы	Қолдану мөлшері
1	Бақылау (тыңайтқышсыз)	-
2	Экстрасол	2 л/т
3	Азотобацирин АС	200 мл/га
4	Плантобактерин АС-24	2 л/т
5	Фосфобацирин С	2,5 л/т

Тәжірибе рандомизацияланған блок-схема бойынша төрт рет қайталанады. Бір учаскенің мөлшері 10 м², тәжірибенің жалпы ауданы 400 м² болды. Себу нормасы 4,5 млн өңгіш тұқым/га (180–200 кг/га) деңгейінде белгіленді. Қатар аралығы 15 см, ал тұқым себу тереңдігі 4–6 см болды. Алғы дақыл 3 жылғы эспарцет. Жоғарыда аталған препараттармен егу алдындағы және жапырақты өңдеу жүргізілді [7].

Егіс алдындағы өңдеуде препараттар 1 т тұқымға 2 л биотыңайтқыш қатынасында қолданылды. Жапырақты өңдеуде «Необацирин АС» биологиялық өнімі қолданылды. Бүрку жұмыстары бидайдың түтікшелеу (28.05.2025 ж.) және масақтану (06.06.2025 ж.) кезеңдерінде жүргізілді. Жер үсті өңдеу брандспойт радиусы 16 мм 1880 мм дейінгі «Ivi» рюкзак бүріккіштерін қолдану арқылы жүзеге асырылды.

Бидай жинау күні – 29.07.2025 ж.

Топырақ үлгілері 0-10 см қабаттан екі қайталауда алынды. Микроорганизмдер саны мен құрамы келесі коректік орталарда анықталды:

- ЕПА жалпы микроб саны;
- Мазе ортасы азотбекіткіш;
- NBRIP фосфат мобилизациялаушылар;
- Сабуро саңырауқұлақтар.

Нәтижелер

Жаздық бидайдың вегетациялық кезеңінде (мамыр–шілде) Алматы облысындағы ауа-райы негізінен құрғақ болды, топырақтың ылғалдылығы жеткіліксіз. Осыған қарамастан, биологиялық өнімдерді қолдану арқасында жаздық бидай өсімдіктері қанағаттанарлық дамып, өнімділік осы жағдайларға тән деңгейде қалыптасты (2-кесте).

2-кесте – «KZ-231» жаздық бидай сортының биометриялық көрсеткіштеріне биологиялық препараттардың әсері

№ р/с	Тәжірибе қайталануы	Өсімдіктердің биіктігі, см	Түп саны	Масақ ұзындығы, см	Масақтағы дәндер саны	1000 бидай салмағы, г	Өнімділігі ц/га
Бақылау							
1	I қайталану	60,1	5	7	24	36,4	28,8
2	II қайталану	67,3	4	8	24	37,2	29,4
3	III қайталану	67,4	5	8	24	37,8	29,9
4	IV қайталану	70,1	5	7	24	37,0	29,3
Орташа $\bar{x}$	66,2	4,8	7,5	24,0	37,1	29,35	
Экстрасол							
1	I қайталану	66,4	6	7	24	37,4	29,6
2	II қайталану	67,2	5	8	28	40,0	36,9
3	III қайталану	60,4	4	7	24	38,0	33,1
4	IV қайталану	69,4	6	8	28	41,3	38,1
Орташа $\bar{x}$	65,9	5,3	7,5	26,0	39,2	34,43	

2-кестенің жалғасы

Азотобацирин АС							
9	I қайталану	76,1	6	9	28	39,8	36,7
10	II қайталану	66,4	6	8	28	36,1	33,3
11	III қайталану	72,4	5	8	28	37,6	34,7
12	IV қайталану	67,2	6	8	28	37,8	34,9
Орташа $\bar{x}$	70,5	5,8	8,3	28,0	37,8	34,90	
Плантобактерин АС-24							
13	I қайталану	72,2	5	9	28	38,8	35,8
14	II қайталану	67,4	4	8	28	41,8	38,6
15	III қайталану	60,2	4	7	24	36,0	28,5
16	IV қайталану	67,3	5	8	28	38,8	35,8
Орташа $\bar{x}$	66,8	4,5	8,0	27,0	38,9	34,68	
Фосфобацирин С							
17	I қайталану	73,4	6	8	28	39,2	36,2
18	II қайталану	74,2	6	8	28	40,8	37,7
19	III қайталану	71,3	5	8	28	42,6	39,3
20	IV қайталану	73,2	6	9	28	39,6	36,5
Орташа $\bar{x}$	73,0	5,8	8,3	28,0	40,6	37,43	

Барлық биологиялық препараттар бақылаумен салыстырғанда өнімділікті арттырды, мұнда орташа өнімділік 29,35 ц/га құрады. Ең тиімді препарат Фосфобацирин С болды: орташа өнімділік: 37,43 ц/га, өсім: 8,08 ц/га, Сонымен қатар 1000 дәннің ең үлкен массасын көрсетті –42,6 г дейін.

Азотобацирин АС және Плантобактерин АС-24 жақсы нәтиже көрсетті: Азотобацирин АС: 5,55 ц/га, Плантобактерин АС-24: 5,32 ц/га.

Эталондық нұсқа Экстрасол өнімділіктің тұрақты өсуін қамтамасыз етті (5,08 ц/га) және 1000 дән массасының жоғары көрсеткіштерін берді (41,3 г дейін).

Өртүрлі биологиялық препараттардың өнімділікке әсерін бағалау үшін бір факторлы дисперсиялық талдау жүргізілді, 3-кесте [8]. Статистикалық талдау нәтижелері бойынша препараттың өнімділікке әсері статистикалық тұрғыдан сенімді екендігі анықталды ($F = 4,60$; $p = 0,0127 < 0,05$). Бұл осы көрсеткіш бойынша тәжірибе нұсқалары арасында айтарлықтай айырмашылықтардың бар екендігін көрсетеді. Фосфобацирин С (37,4 ц/га) қолданған кезде ең жоғары өнімділік байқалды, бұл бақылаудан 8,1 ц/га артық. Осылайша, дисперсиялық талдаудың нәтижелері биологиялық өнімдердің өнімділікке сенімді әсерін растайды, ал Фосфобацирин С препараты ең жоғары әсерге қол жеткізді.

3-кесте – Бір факторлы дисперсиялық талдау нәтижелері (препараттар бойынша)

Вариация көзі	Квадраттардың қосындысы (SS)	Еркіндік дәрежесі (df)	Орташа квадрат (MS)	F	p
Препарат	138,72	4	34,68	4,60	0,0127
Қалдық (қателік)	113,13	15	7,54		

30.07.2025 ж. микробиологиялық талдауға топырақ үлгілері 0–10 см тереңдікте тәжірибелі учаскелердің 2 қайталанумен бұрғы көмегімен алынды. Кюветтегі топырақ үлгісінің массасы 600 г. Микроорганизмдердің саны мен түрлік құрамы бағаланды. Топырақ сұйылтпаларын егу келесі тығыз қоректік орталарға жүргізілді [9]:

- ЕПА (ет-пептон агары) ортасындағы жалпы микробтық санды (ЖМС) анықтау;
- Сабуро ортасындағы саңырауқұлақтарды анықтау;
- Азотбекіткіш микроорганизмдердің санын анықтау және оларды бөліп алу Мазе ортасында жүргізілді;

- фосфатты жұмылдыратын микроорганизмдердің санын және олардың бөлінуін анықтау NBRIP ортасында жүргізілді [10].

1-нұсқа - Бақылау. 1-суретте әртүрлі қоректік орталарда микроорганизмдердің мөлшері берілген. Топырақта азоттың мөлшері аз. Микроскопиялық споралы саңырауқұлақтардың көп мөлшері бар.



а) ЕПА ортасындағы микроорганизмдердің өсуі



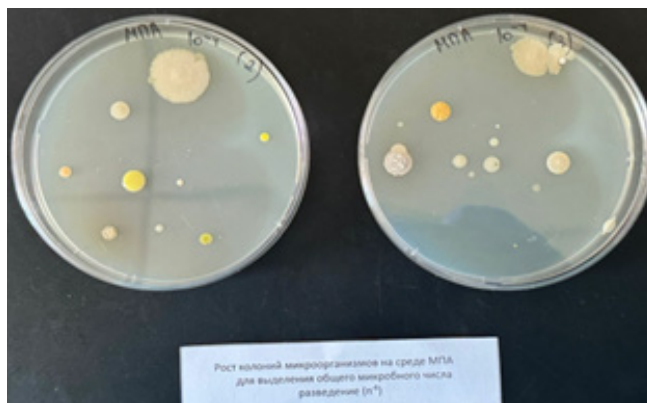
б) Мазе ортасындағы микроорганизмдердің өсуі



с) Сабуро ортасындағы микроорганизмдердің өсуі

1-сурет – Әртүрлі қоректік орталарда микроорганизмдердің мөлшері

2-нұсқа – Экстрасол. 2-суретте ет-пептонды агарда (ЕПА) сарциндер мен *Bacillus* spp. бактерияларының саны шамамен бірдей қатынаста екені көрсетілген. Колониялары крем түсті, консистенциясы паста тәріздес, шеттері тегіс емес, тілімделген. Колониялардың максималды диаметрі 20-40 мм. *Bacillus* spp. өсімінің мөлшері барлық микроорганизмдердің 50% құрады. Жалпы микробтық саны – 2×10^6 КҚБ/г.



а) ЕПА ортасындағы микробтық колониялардың өсуі

Азотбекіткіш микроорганизмдерге арналған Мазе ортасына топырақ үлгісінің суспензиясын себу жүргізілді.



б) *Bacillus* spp. туыстас бактерияларының өсуі басым

Фосформобилизациялаушы микроорганизмдерге арналған NBRIP ортасына топырақ үлгісі себілді.



2-сурет – Ет-пептонды агарда (ЕПА) сарциндер мен *Bacillus* spp. бактерияларының саны мен қатынасы

Микроорганизмдерді әртүрлі қоректік орталарда ұзақ уақыт бойы өсіргеннен кейін саңырауқұлақ колонияларының байқалмағанын атап өткен жөн. Бұл *Bacillus* spp. өсімінің микроскопиялық саңырауқұлақтардың дамуын тежейтінін, сондай-ақ өсімдіктердің өсуінің жақсы ынталандырғыш болып табылатынын бір мәнді түрде көрсетеді.

3-нұсқа – Азотобацирин АС. 3-суретте Әртүрлі қоректік орталарда микроскопиялық саңырауқұлақтар колонияларының алуан түрлілігі берілген: *Rhodotorula* spp. ашытқылары, *Bacillus* spp., *Sarcina* spp. бактериялары, *Aspergillus fumigatus* және *Penicillium* spp. туыстас

саңырауқұлақтары. Колониялары ірі, жайылған. *Rhodotorula* spp., *Bacillus* spp., *Sarcina* spp., *Penicillium* spp. туыстарының өкілдері топырақта кең таралған және әртүрлі топырақ процестерінде маңызды рөл атқарады. *Rhodotorula* spp. ашытқылары, *Bacillus* spp., *Sarcina* spp. бактериялары және басқалары топырақта жиі кездеседі, азот пен калий айналымына қатыса алады, сонымен қатар өсімдіктерді патогенді микрофлорадан қорғайды.



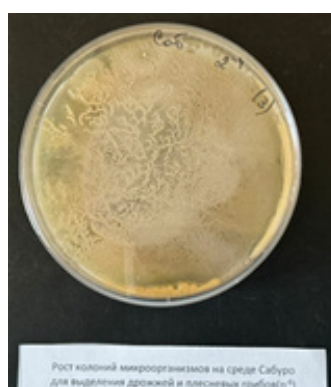
а) ЕПА ортасындағы микроорганизмдердің өсуі



б) NBRIP ортасындағы микроорганизмдердің өсуі



с) NBRIP ортасы



д) Сабуро ортасы

3-сурет – Әртүрлі қоректік орталарда микроскопиялық саңырауқұлақтардың өсуі

Сабуро ортасында микроскопиялық саңырауқұлақтардың өсуі байқалмады. Қандай да бір сыртқы қысым әсерінен өзгерген және күрделі құрылымдар түзуге қабілетті, 3-суретте көрсетілген *Bacillus subtilis* микроскопиялық саңырауқұлақтардың өсуін тежейтін биологиялық белсенді заттар кешенін синтездейді.

4-нұсқа – Плантабактерин АС-24. 4-суретте Мазе, NBRIP, Сабуро қоректік орталарында бактериялардың, ашытқылардың және саңырауқұлақтардың колониялары берілген. Саңырауқұлақ колонияларының аз мөлшерде екенін атап өткен жөн. Колониялары ұсақ, жайылмаған және агар

бетінің 1/10 бөлігін алып жатыр. Белсенді өсіп жатқан бактериялық және ашытқы жасушаларының метаболизм өнімдері микроскопиялық саңырауқұлақтардың көбеюін тежеуші фактор ретінде әрекет етеді. 4-нұсқадағы бидайдың тамыр жүйесі ауамен жақсы қамтамасыз етілген, тамыр шірігі мен зең ауруларына шалдықпаған. Топырақ үлгісіндегі азот пен фосфордың арақатынасы шамамен 1:1. Топырақта фосформобилизациялаушы микроорганизмдер жоқ. Минералды фосфор тыңайтқыштарын енгізген кезде олардың шығыны немесе нашар қолжетімділігі болуы мүмкін.



а) Мазе ортасындағы микроорганизмдердің өсуі



б) NBRIP ортасындағы микроорганизмдердің өсуі



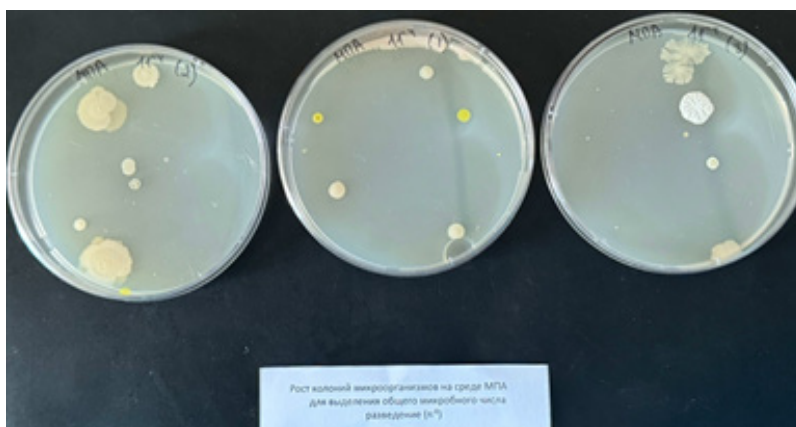
с) Сабуро ортасындағы микроорганизмдердің өсуі

4-сурет – Мазе, NBRIP, Сабуро қоректік орталарында бактериялар, ашытқылар және саңырауқұлақтар колонияларының түзілуі

б және с 4-суретте көрсетілген тіркелген саңырауқұлақ колонияларының болуы зерттелетін үлгілерде фитопатогенді микрофлораның бар екенін көрсетеді. Дегенмен, патогендердің қарқынды дамуы мен таралуы байқалмағанын атап өткен жөн. Мүмкін, олардың белсенді өсуі қолданылған агротехнологиялық әдістердің әсерімен, сондай-ақ пайдалы микробиотаның бәсекелестік ықпалымен тежелген. Саңырауқұлақ колониялары дамуының шектеулі сипаты агроценоздың салыстырмалы түрде тұрақты фитосанитарлық күйінің қалыптасқанын көрсетеді. Бұл өсімдіктерді қорғаудың биологиялық әдістерін қолданумен, дақылдардың иммундық дәрежесін арттырумен, сондай-ақ қолайлы топырақ-климаттық жағдайлармен байланысты болуы мүмкін.

Практикалық тұрғыдан алғанда, алынған нәтижелер жеткілікті деңгейде сау және сапалы өнімнің қалыптасуын болжауға мүмкіндік береді. Патогендердің бар болғанына қарамастан, олардың агрессивтілігінің төмендігі мен даму динамикасының әлсіздігі эпифитотиялар мен экономикалық тұрғыдан маңызды шығындар қаупін айтарлықтай төмендетеді. Осылайша, қолданыстағы егіншілік жүйесі саңырауқұлақ ауруларының дамуын тиімді тежеуді қамтамасыз етеді және егістіктің фитосанитарлық саулығын сақтауға ықпал етеді деген қорытынды жасауға болады. Болашақта патогенді микрофлораға мониторинг жүргізуді және оның вегетациялық кезең динамикасындағы дақылдардың өнімділігіне әсерін бағалауды жалғастыру орынды.

5-нұсқа – Фосфобацирин С. 5-суретте Фосфобацирин препараты қосылған әртүрлі қоректік орталарда *Fusarium oxysporum*-ның белсенді өсуі байқалады. Бұл препараттың тіпті талғампаз микроорганизмдердің дамуын қамтамасыз ете алатын бай қоректік орта түзетінінің айқын дәлелі. Мұндай биологиялық белсенділік микробиотаны ынталандыратын қолжетімді қоректік компоненттер мен метаболиттердің жоғары мөлшерін растайды. Фосфобацирин қолданылған топырақ үлгісінің сұйылтылған ерітіндісі бар табақшада *Fusarium oxysporum* өсімінің анықталуы, препараттың микроорганизмдердің кең спектрін қолдауға қабілетті биоқолжетімді қосылыстар кешенінен тұратынын көрсетеді. Микробиологиялық процестер айқын әсері көрсетіліп және жоғары биологиялық белсенділігі расталды.



а) ЕПА ортасындағы микробтық колониялардың өсуі



б) Мазе ортасындағы микробтық колониялардың өсуі



с) Сабуро ортасындағы микробтық колониялардың өсуі

5-сурет – Фосфобацирин препараты қосылған әртүрлі қоректік орталарда *Fusarium oxysporum*-ның белсенді өсуі

Талқылау

Биологиялық препараттар аграрлық экологиялық жүйе кешеніне оң әсер етіп, топырақтағы пайдалы микробиотасының жиынтығы қалыптасып, олар өсімдіктің қоректенуін қамтамасыз етіп қана қоймай, органикалық заттарды ыдыратып, функционалдық белсенділігі артты. Қолданған биологиялық препараттар фитопатогенді саңырауқұлақтардың саны, антагонистік белсенділік нәтижесінде төменделгені анықталды.

Зерттеу барысында биологиялық препараттарды қолдану кезінде биогеохимиялық циклдік жүйелеріне оң әсері байқалды, топырақтағы микроорганизмдердің белсенділігі жоғарылап, қоректік элементтердің айналымы мен топырақ құнарлығы артты.

Биологиялық препараттар ішінен Фосфобацирин С, Азобацирин АС, Экстрасол препараттары ең айқын әсер берді. Нәтижесінде жаздық жұмсақ бидай қоректік элементтерінің жұмылдыруына қатысатын микробиологиялық жүйелердің белсенділігімен қарқындылығы жоғарлап, өсімдіктердің физиологиялық қасиетіне өсуі мен дамуына ықпал етті.

Фенологиялық зерттеу кезінде 5 нұсқадағы Фосфобацирин С биологиялық препараты жаздық жұмсақ бидайы «KZ-231» сортының вегетациялық кезеңінде типтік фазаларында өсуі мен дамуы ауытқусыз физиологиялық норма шегінде болғаны байқалды.

Вегетациялық кезеңінде масақтағы дән мен дәннің салмағы артып, технологиялық сапа көрсеткіші жақсарғаны байқалды және құрғақшылыққа, температураның ауытқуларына және басқа да стресс факторларына төзімділігі артты. Сонымен қатар, фитосанитарлық жағдайы жақсарып ауру қоздырғыштарының зақымдану белгілері байқалмады. Зиянкестердің таралу деңгейі минималды болды, зияндылықтың 1 санатынан аспады, бұл бидайдың өсу жүйесіне және өнімнің қалыптасуына маңызды әсер етпеді.

Зерттеу жұмысының нәтижесіне агрономиялық және микробиологиялық көрсеткіштерді салыстырмалы талдау жүргізсек, қолданған биологиялық препараттар ішінен Фосфобацирин С препараты ең тиімді және әсері жоғары болып табылды. Фосфобацирин С биологиялық препаратын қолданғанда пайдалы микрофлораның қарқынды көбеюі мен қоректік заттардың биологиялық қол жетімді формалары арттып, нәтижесінде азот, фосфор және тағы басқа да қоректік элементтердің жұмылдырылуы жақсарып, өсімдік үшін қолжетімді болды.

Қорытынды

Жаздық жұмсақ бидайға биологиялық препараттарды қолдану нәтижесінде бидайдың өнімділігіне әсері байқалды, нәтижесінде 37,4 ц/га дейін жетті және 1000 тұқымның салмағы

42,6 г дейін жоғарлады. Сонымен қатар жаздық жұмсақ бидайдың сапалы жоғары өнім алуына және топырақ құнарлығын сақтап, экологиялық таза өнім алуға мүмкіндік береді.

Органикалық егіншілікте биологиялық препараттар қолдану нәтижесінде тұрақты сапалы өнім алу жолдарының маңызды құралдарының бірі болып табылады. Қазіргі таңда ауыл шаруашылығы саласында биологиялық препараттар қолдану тек қана өнім сапасына белсендіріп қана қоймай, қоршаған ортаны қорғауға да бағытталған заманауи агротехнологиялардың ажырамас бөлігі.

Қорыта келгенде еліміздің ауыл шаруашылығы жағдайында биологиялық препараттар қолдану, экологиялық қауіпсіздігімен экономикалық тиімділігімен бағаланады, өйткені химиялық пестицидтерді пайдалануды азайтуға агроэкожүйені тұрақтылығын сақтауға мүмкіндік береді.

Авторлардың қосқан үлесі

НС және ШБ: зерттеу материалының жинақталуы мен жүйеленуін қамтамасыз етіп, алынған деректерді жан-жақты талдаумен айналысты; сонымен қатар, мақала мәтінінің жазылуы және ғылыми форматта рәсімделуін жүзеге асырды. ЖЖ және АЖ: зерттеуге қатысты ғылыми әдебиеттерді кең ауқымда талдап, іріктеу жұмыстарын жүргізіп, қажетті ақпараттық құрылуына маңызды үлес қосты. МК қолжазбаның соңғы редакциялық өңделуі мен коррекциясын жүргізуге белсене қатысты. Барлық авторлар қолжазбаның соңғы нұсқасын мұқият қарап, талдап, мақұлдады.

Қаржыландыру туралы ақпарат

Ғылыми-зерттеу жұмысы Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы министрлігі 2024–2026 жж. қаржыландыратын BR22885418 «Қазақстан Республикасында ауыл шаруашылығы өнімінің органикалық өндірісінің технологиялық дамуын ғылыми қамтамасыз ету» бағдарлама аясында жүргізілді.

Әдебиеттер тізімі

- 1 Meshram, S., Mansor, H.B., Adhikari, T.B. (2026). Recent advances in organic agriculture: innovations, challenges, and opportunities. *Frontiers in Plant Science*, 16, 1681928. DOI: 10.3389/fpls.2025.1681928.
- 2 Бастаубаева. Ш.О., Кененбаев. С.Б. (2025). *Биологическое земледелие в Казахстане*. Алматы: ТОО «Жания Полиграф», 106–107.
- 3 Ramasamy, M., Ghosh, S., Kamlesh, K.Y., Chitra, M., Dhivya, B., Sanjay kanth, S.A., Aroulradj, K. (2024). The Role of Organic Farming in Enhancing Soil Structure and Crop Performance: A Comprehensive Review. *Journal of Scientific Research and Reports*, 30(10), 890–904. DOI: 10.9734/jsrr/2024/v30i102511.
- 4 Liu, W., Yang, Z., Ye, Q., Peng, Z., Zhu, S., Chen, H., Liu, D., Li, Y., Deng, L., Shu, X., Huang, H. (2023). Positive Effects of Organic Amendments on Soil Microbes and Their Functionality in Agro-Ecosystems. *Plants*, 12(22), 3790. DOI: 10.3390/plants12223790.
- 5 Villarreal-Romero, M., Parra-Terraza, S., Sanchez-Pena, P. et al. (2010). Soil cover crop, vermicompost and soil microbial activity it the tomato production. *Revista Mexicana de Ciencias Agricolas*, 1(2), 217–229.
- 6 Кожаметов, К.К., Абугалиева, А.И., Башабаева, Б.М. (2014). Жұмсақ бидай геномын қашық туыстарымен будандастыру арқылы жаңа түр, түрше үлгілерін алу. *КҰҰ хабаршысы. Экология сериясы*, 1/2(40), 131–136.
- 7 Доспехов, Б.А. (1985). *Методика полевого опыта*. М.: Агропромиздат, 341.
- 8 Chapter on Analysis of Variance (SpringerLink, 2025): одномерный и двухфакторный ANOVA. Sect. 3.4.3.
- 9 Dong, L., Yuan, Q., Yuan, H. (2006). Changes of chemical properties of humic acids from crude and fungal transformed lignite. *Fuel*, 85, 2402–2407. DOI: 10.1016/j.fuel.2006.05.027.
- 10 Бабак, В.А., Жакупов, Е.Ж., Пунтус, И.А., Фомина, А.Н. (2024). Лабораторные испытания комплексного биологического удобрения на основе азотфиксирующих и

фосфатмобилизующих бактерий. *Сельскохозяйственная биология*, 59(1), 142–155. DOI:10.15389/agrobiology.2024.1.142rus.

References

- 1 Meshram, S., Mansor, H.B., Adhikari, T.B. (2026). Recent advances in organic agriculture: innovations, challenges, and opportunities. *Frontiers in Plant Science*, 16, 1681928. DOI: 10.3389/fpls.2025.1681928.
- 2 Bastaubaeva, Sh.O., Kenenbaev, S.B. (2025). *Biologicheskoe zemledelie v Kazahstane*. Almaty: TOO «Zhaniya Poligraf», 106–107. [in Russ].
- 3 Ramasamy, M., Ghosh, S., Kamlesh, K.Y., Chitra, M., Dhivya, B., Sanjay kanth, S.A., Aroulradj, K. (2024). The Role of Organic Farming in Enhancing Soil Structure and Crop Performance: A Comprehensive Review. *Journal of Scientific Research and Reports*, 30(10), 890–904. DOI: 10.9734/jsrr/2024/v30i102511.
- 4 Liu, W., Yang, Z., Ye, Q., Peng, Z., Zhu, S., Chen, H., Liu, D., Li, Y., Deng, L., Shu, X., Huang, H. (2023). Positive Effects of Organic Amendments on Soil Microbes and Their Functionality in Agro-Ecosystems. *Plants*, 12(22), 3790. DOI: 10.3390/plants12223790.
- 5 Villarreal-Romero, M., Parra-Terraza, S., Sanchez-Pena, P. et al. (2010). Soil cover crop, vermicompost and soil microbial activity it the tomato production. *Revista Mexicana de Ciencias Agricolas*, 1(2), 217–229.
- 6 Kojahmetov, K.K., Abýgalieva, A.I., Bashabaeva, B.M. (2014). Jumsaq bídai genomyn qashyq t́ystarymen b́dandastyrý arqyly jańa túr, túrshe úlgilerin alý. *KUÚ habarshysy. Ekologiya seriasy*, 1/2(40), 131-136. [in Kaz].
- 7 Dosphehov, B.A. (1985). *Metodika polevogo opyta*. M.: Agropromizdat, 341. [in Russ].
- 8 Chapter on Analysis of Variance (SpringerLink, 2025): odnomernyi i dvukhfaktorny ANOVA. Sect. 3.4.3.
- 9 Dong, L., Yuan, Q., Yuan, H. (2006). Changes of chemical properties of humic acids from crude and fungal transformed lignite. *Fuel*, 85, 2402–2407. DOI: 10.1016/j.fuel.2006.05.027.
- 10 Babak, V.A., Zhakupov, E.Zh., Puntus, I.A., Fomina, A.N. (2024). Laboratornye ispytaniya kompleksnogo biologicheskogo udobreniya na osnove azotfiksiruyushhih i fosfatmobilizuyushhih bakterii. *Sel'skohozyaistvennaya biologiya*, 59(1), 142–155. DOI:10.15389/agrobiology.2024.1.142rus. [in Russ].

Влияние биопрепаратов на микробиологическую активность почвы и урожайность яровой пшеницы в органическом земледелии

Слямова Н.Д., Бастаубаева Ш.О., Жолдасбайулы Ж., Жакатаева А.Н., Колусенко М.Г.

Аннотация

Предпосылки и цель. В условиях перехода сельского хозяйства к принципам устойчивого развития и экологически ориентированного производства особую актуальность приобретает органическое земледелие, основанное на отказе от синтетических удобрений и химических средств защиты растений. В этой связи, важную роль играют биопрепараты – микробиологические средства, способные повышать биологическую активность почвы, улучшать процессы минерализации и трансформации элементов питания, а также обеспечивать устойчивое формирование урожая сельскохозяйственных культур.

Материалы и методы. Исследования проводились на посевах яровой мягкой пшеницы сорта «KZ-231» в условиях органического стационара ТОО «Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства» на светло-каштановых почвах Юго-Восточного региона Казахстана. Целью настоящего исследования являлась оценка влияния различных биопрепаратов, созданных на основе различных штаммов микроорганизмов, на агробиологические и микробиологические свойства почвы, фитосанитарное состояние посевов и урожайность яровой

пшеницы в условиях органического земледелия. В ходе полевых и лабораторных исследований изучались степень подавления фитопатогенных грибов, проводились фенологические наблюдения за ростом и развитием растений, оценивалась поражённость посевов болезнями и вредителями, учитывались элементы структуры урожая.

Результаты. Полученные результаты свидетельствуют о положительном влиянии биопрепаратов на биологическое состояние почвы, улучшению физиологического состояния растений и статистически значимое влияние на продуктивность яровой пшеницы. Применение бактериальных биопрепаратов может рассматриваться как перспективный метод биологизации и снижения пестицидной нагрузки на экологию.

Закключение. По итогам исследования самым эффективным биопрепаратом оказался Фосфобацирин С на основе микроорганизмов, которые мобилизуют труднорастворимые формы фосфатов из почвы.

Ключевые слова: органическое земледелие; яровая пшеница; биопрепараты; микроорганизмы.

The effect of biopreparations on soil microbiological activity and the yield of spring wheat in organic farming

Slyamova N.D., Sh.O. Bastaubaeva., Zholdasbayuly Zh.,
Zhakataeva A.N., Kolussenko M.G.

Abstract

In the context of the transition of agriculture to the principles of sustainable development and environmentally oriented production, organic farming is gaining particular relevance. It is based on the rejection of synthetic fertilizers and chemical plant protection products. In this regard, biological preparations (biological products) play an important role –microbiological agents capable of increasing the biological activity of soil, improving the processes of mineralization and transformation of nutrients, and ensuring stable crop formation.

Materials and Methods. The studies were conducted on spring soft wheat crops of the “KZ-231” variety under the conditions of an organic experimental station of LLP “KazRIAPG” on light chestnut soils of the south-eastern region of Kazakhstan. (Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing). The aim of this study was to assess the effect of various biological products created on the basis of various strains of microorganisms, on the agrobiological and microbiological properties of soil, the phytosanitary condition of crops, and the yield of spring wheat under organic farming conditions. During field and laboratory studies, the degree of suppression of phytopathogenic fungi was examined; phenological observations of plant growth and development were carried out; the incidence of diseases and pests was assessed; and yield structure components were recorded.

Results. The obtained results indicate a positive effect of biological products on the biological condition of soil and the productivity of spring wheat. The use of bacterial biological products can be considered a promising method for biologization and reducing the pesticide load on the environment.

Conclusion. According to the study, the most effective biological products was Fosfobacirin C, a microbial product that mobilizes poorly soluble forms of phosphate from the soil.

Keywords: organic farming; spring wheat; biological products; microorganisms.

Как цитировать: Григорчук Н.Ф., Журба Е.А., Артемьева В.А. (2026). Создание и характеристика нового сорта сои EURASIA в условиях Восточно-Казахстанской области. *Евразийский агротехнический журнал*, 2(130), 230-241. DOI: [https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2\(130\).2193](https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2(130).2193)

УДК 633.853.52:631.52

Исследовательская статья

Создание и характеристика нового сорта сои EURASIA в условиях Восточно-Казахстанской области

Григорчук Н.Ф. , Журба Е.А. , Артемьева В.А. 

Опытное хозяйство масличных культур
с. Солнечное, Восточно-Казахстанская область, Казахстан

Автор-корреспондент: Григорчук Н.Ф.: nataly.grigorchuk@gmail.com

Соавторы: (1: ЕЖ) zhurba.ylena.alex@yandex.kz; (2: ВА) artveronikaal@mail.ru

Получено: 06.04.2026 **Принято:** 28.06.2026 **Опубликовано:** 30.06.2026

Авторские права: Григорчук Н.Ф. и др. Данная статья размещена в открытом доступе и распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Аннотация

Предпосылки и цель. В Казахстане соя рассматривается как перспективная культура диверсификации структуры посевных площадей растениеводства. В последние годы отмечается рост интереса к возделыванию сои. В Казахстане ассортимент районированных сортов остаётся относительно ограниченным, а их продуктивность нестабильна при неблагоприятных погодных условиях. Селекционная программа в ТОО «Опытное хозяйство масличных культур» (ТОО «ОХМК») направлена на создание сортов сои с высокой экологической пластичностью, способных обеспечивать стабильную урожайность в условиях изменчивого климата. Цель исследования – создание нового скороспелого сорта сои, который сочетает высокую урожайность, устойчивость к стрессовым факторам среды и повышенное качество семян, адаптированного к природно-климатическим условиям региона.

Материалы и методы. Новый сорт EURASIA был получен методом индивидуального отбора из гибридной популяции Л. 443/Л. 214. В работе применялись общепринятые методики фенологических наблюдений, оценки устойчивости к болезням и статистической обработки данных. Качество семян (белок, жир) анализировали на инфракрасном анализаторе Инфраскан-3150.

Результаты. По итогам конкурсного сортоиспытания (2021–2023 гг.) вегетационный период нового сорта EURASIA составил 99 суток, средняя урожайность – 20,3 ц/га, содержание белка – 38,6%, жира – 20,1%. На государственных сортоучастках (2024–2025 гг.) новый сорт подтвердил высокую адаптивность и технологичность, который сформировал высокую урожайность в Восточно-Казахстанской области 30,9 ц/га, в Туркестанской – 32,4 ц/га, а в области Жетысу – 23,9 ц/га. На производственных посевах ТОО «ОХМК» урожайность составила 37,3 ц/га (с максимумом 42,0 ц/га в 2025 году), содержание белка – 40,0%, масса 1000 семян – 197,2 г. Новый сорт сои EURASIA характеризуется детерминантным типом роста, высокой продуктивностью, устойчивостью к полеганию растений, растрескиванию бобов и основным болезням. Сорт высоко технологичен при механизированной уборке.

Заключение. С 2026 года сорт внесен в Государственный реестр селекционных достижений РК (патент № 1253) и рекомендован для возделывания в Восточно-Казахстанской, Туркестанской и Жетысуской областях.

Ключевые слова: соя; скороспелый сорт; хозяйственно ценные признаки; содержание белка.

Введение

Для обеспечения продовольственной устойчивости и развития современного агропромышленного комплекса необходимо производство сельскохозяйственной продукции с высоким содержанием белка [1]. Поэтому особое значение приобретает соя (*Glycine max* L. Merr.), которая рассматривается как одна из ведущих культур современного растениеводства, благодаря высокому содержанию сбалансированного растительного белка и жира в семенах, а также универсальности использования в пищевой и кормовой промышленности [2]. В пищевой индустрии соя служит основой для производства растительного масла, соевого молока, текстурированных белков и функциональных добавок, повышающих биологическую ценность продуктов питания. В кормопроизводстве соя является незаменимым компонентом при создании высокоэнергетических комбикормов, шротов и жмыхов, обеспечивающих сбалансированный рацион сельскохозяйственных животных и птиц. В технической сфере соевое сырье применяется в производстве биодизеля, экологически безопасных лакокрасочных материалов и пластиков [3].

В Казахстане соя рассматривается как перспективная культура диверсификации структуры посевных площадей растениеводства. В последние годы отмечается рост интереса к возделыванию культуры, что связано с её высокой экономической ценностью и спросом на рынке [4]. Значительная часть производства сои сосредоточена в южных и восточных регионах страны, где природно-климатические условия позволяют формировать достаточно высокую урожайность культуры [5, 6].

Климат Восточно-Казахстанской области резко континентальный, температурный режим и количество осадков не стабильны, что подразумевает наличие неблагоприятных факторов в течение вегетации. В подобных условиях продуктивность сои во многом определяется биологическими особенностями сорта, его скороспелостью, устойчивостью к неблагоприятным факторам среды и способностью формировать стабильный урожай [7, 8].

Современные селекционные программы направлены на создание сортов сои с высокой экологической пластичностью, способных обеспечивать стабильную урожайность в условиях изменчивого климата [9]. Особое значение имеет сочетание комплекса хозяйственно-ценных признаков, включая раннеспелость, устойчивость к стрессовым условиям среды, высокую продуктивность и повышенное содержание белка в семенах [10].

Несмотря на расширение производства сои в Казахстане, сортимент районированных сортов остаётся относительно ограниченным, а их продуктивность нередко нестабильна при неблагоприятных погодных условиях [11, 12]. Это определяет актуальность селекционных исследований по созданию новых районированных и высокопродуктивных сортов сои для условий Восточного Казахстана.

Цель исследования – создание сорта сои скороспелого типа с высокими показателями урожайности и другими хозяйственно-ценными признаками адаптированного к природно-климатическим условиям Восточного Казахстана.

Материалы и методы

Селекционные исследования проводились в условиях полевого севооборота опытного участка ТОО «ОХМК» (Восточно-Казахстанская область), расположенного в зоне резко континентального климата с ограниченными тепловыми ресурсами, неустойчивым увлажнением за вегетационный период в течении 2021–2025 гг. (таблицы 1, 2). Почвенный покров представлен чернозёмом обыкновенным и типичным для предгорной части Глубоковского района.

Таблица 1 – Количество осадков за вегетационный период, мм (ТОО «ОХМК», 2021–2025 гг.)

Годы	Месяц					Сумма осадков за вегетационный период, мм
	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	
2021	4,6	86,6	55,1	67,0	10,8	224,1
2022	10,6	66,0	43,2	12,0	0,0	131,8
2023	34,8	9,0	12,2	84,4	103,0	243,4

Продолжение таблицы 1

2024	70,0	35,2	63,2	42,0	49,0	259,4
2025	34,8	41,0	62,4	133,2	78,2	349,6
Ср.многолетние	46,0	59,0	64,0	47,1	32,0	248,1

Таблица 2 – Температура воздуха за вегетационный период, °C (ТОО «ОХМК», 2021-2025 гг.)

Годы	Месяц					Среднемесячная температура за вегетационный период, °C
	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	
2021	14,9	17,9	20,7	18,2	14,2	17,2
2022	17,9	19,1	19,8	21,2	15,5	18,7
2023	12,9	20,4	21,3	19,2	11,9	17,1
2024	15,2	20,0	21,7	20,0	10,0	17,4
2025	16,3	21,2	19,6	16,9	12,3	17,3
Ср.многолетние	13,7	18,9	21,2	19,1	12,9	17,2

Создание сорта осуществлялось по классической схеме селекции самоопыляющихся культур, включающей подбор исходного материала, гибридизацию, индивидуальный отбор в расщепляющихся поколениях, последующее испытание линий в селекционных питомниках [13, 14]. Основной отбор проводился по признакам скороспелости, продуктивности, выравненности морфологических признаков и устойчивости к неблагоприятным факторам среды [15, 16, 17].

Учеты и фенологические наблюдения проводились с использованием общепринятых методик и рекомендаций по изучению зернобобовых культур [15, 18]. В ходе исследований определяли показатели хозяйственно-ценных признаков, а также устойчивость растений к основным болезням [17, 19]. Урожайность оценивали методом сплошной уборки учетных делянок с последующим пересчётом на стандартную влажность семян (14%) [13]. Качество семян (белок, жир) анализировали с использованием инфракрасного анализатора Инфраскан-3150.

Статистическую обработку данных выполняли по методике Доспехова Б.А. с применением стандартных программных средств (Statistica 6, Excel) [13].

Для объективной оценки адаптивности селекционного материала на различных этапах использовались сорта - стандарты. В питомнике конкурсного сортоиспытания (2021–2023 гг.) в качестве контроля использовали сорт-стандарт Аннушка. При проведении производственных опытов (2024–2025 гг.) сорт стандарт – Бірлік. Государственное сортоиспытание нового сорта проводилось в рамках государственной сети сортоиспытательных участков Республики Казахстан в 2024–2025 гг., с использованием утверждённых методик Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан для оценки хозяйственно-ценных признаков зернобобовых культур с использованием условного стандарта [18].

Производственные посевы сои осуществлялись в соответствии с региональными агротехнологическими рекомендациями для условий Восточного Казахстана и общепринятыми методическими разработками по технологии выращивания культуры [20]. Агротехника включала обработку почвы, предпосевную подготовку, сроки сева, уход за посевами и уборку урожая прямым комбайнированием.

Результаты

В 2015 году ТОО «ОХМК» была начата работа по созданию сортов сои раннего и скороспелого типа с использованием традиционных методов внутривидовой гибридизации.

Сорт EURASIA получен методом индивидуального отбора от скрещивания Л.443/Л.214. В 2016 году было отобрано элитное растение № 1664, которое дало основу сорта EURASIA.

За период конкурсного сортоиспытания (2021–2023 гг.) сорт сои EURASIA показал следующие показатели урожайности (таблица 3).

Таблица 3 – Урожайность сорта сои EURASIA по данным конкурсного сортоиспытания, ц/га

Сорт	Годы			Среднее
	2021	2022	2023	
EURASIA	23,3	16,9	20,8	20,3
Аннушка	16,2	13,6	7,2	12,3
НСП ₀₀₅	2,95	2,61	2,70	

Сорт EURASIA превысил сорт стандарт Аннушка по урожайности семян на 8,0 ц/га.

По морфологическим и биологическим показателям сорт EURASIA за годы испытания (2021–2023 гг.) имел следующие данные (таблица 4).

Таблица 4 – Морфобиологические показатели сорта EURASIA сои по данным конкурсного испытания (2021–2023 гг.)

Сорт	Год	Вегетац. период, сутки	Масса 1000 семян, г	Высота, см		Содержание в семенах, %	
				растений	нижних бобов	белка	жира
EURASIA	2021	98	165,1	83	11	37,6	19,8
	2022	98	149,9	85	12	38,3	20,6
	2023	99	173,0	78	12	40,0	19,8
среднее		99	162,7	82	11,6	38,6	20,1
Аннушка	2021	100	146,4	77	9	38,0	21,2
	2022	95	136,6	85	11	39,1	20,7
	2023	95	125,4	84	12	34,7	23,2
среднее		93	136,1	82	10,6	37,3	21,7
Разница		+6	+26,6	0	+1,0	+1,3	-1,6

По итогам конкурсного испытания показатели нового сорта были на уровне или выше стандарта. Длина вегетационного периода составила 99 суток, сорт относится скороспелой группе. Сорт устойчивый к полеганию растений и растрескиванию бобов.

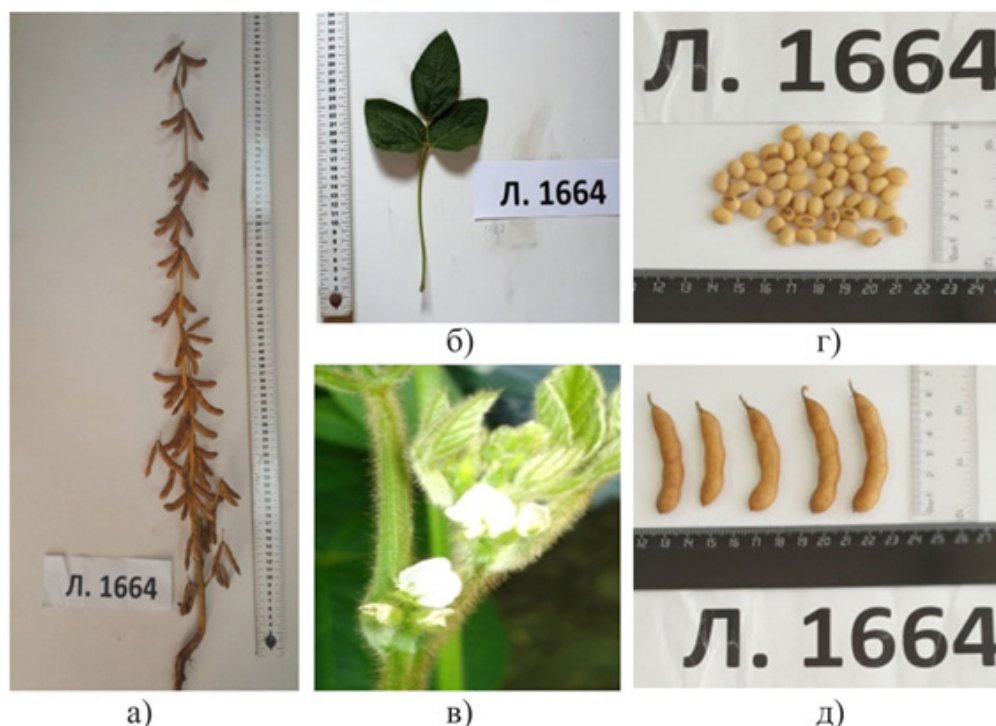
Проведенная комплексная оценка в питомнике конкурсного сортоиспытания (2021–2023 гг.), согласно сравнительной диаграмме (рисунок 1), подтвердила высокий адаптивный потенциал сорта, который характеризовался пластичностью, демонстрируя способность эффективно использовать ресурсы окружающей среды, адаптируясь к изменениям климатических условий.



Рисунок 1 – Сравнительная диаграмма хозяйственно-ценных признаков сорта EURASIA по сравнению с сортом стандартом Аннушка (среднее 2021-2023 гг.)

Морфобиологическая характеристика сорта. Сорт сои относится к скороспелой группе спелости с продолжительностью вегетационного периода – 99 суток. Растения характеризуются детерминатным типом роста и формируют компактный куст высотой 78,0–85,0 см, с количеством междоузлий от 13 до 15. Основной стебель с рыжевато-коричневым опушением. Лист тройчатый с заостренно-яйцевидными листочками. Окраска цветка – белая (рисунок 2).

Бобы светло-коричневые, слабоизогнутые. Семена жёлтые, округло-удлиненной формы, с гладкой блестящей поверхностью и коричневым рубчиком. Масса 1000 семян в среднем составляет 150–170 г. Высота прикрепления нижних бобов 11–12 см, что обеспечивает возможность механизированной уборки с минимальными потерями.



а) растение; б) лист; в) цветок; г) семена; д) бобы

Рисунок 2 – Сорт сои EURASIA

Новый сорт показал высокую устойчивость к комплексу основных болезней, к полеганию растений и к растрескиванию бобов. Пригоден для промышленного возделывания в условиях резко континентального климата региона. Внедрение данного сорта в производство будет способствовать повышению рентабельности возделывания культуры в Восточно-Казахстанской области.

В 2023 году сорт сои EURASIA передан в Государственную комиссию по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур Республики Казахстан. Испытания проходили в семи сортоучастках в 2024–2025 гг. – Государственный сортоиспытательный участок Алтай (Восточно-Казахстанская область), Илийский комплексный Государственный сортоиспытательный участок (Алматинская область), Карабулакский и Саркандский Государственные сортоиспытательные участки (область Жетысу), Жанакорганский Государственный сортоиспытательный участок (Кызылординская область), Сайрамский комплексный Государственный сортоиспытательный участок (Туркестанская область), Жамбылский Государственный сортоиспытательный участок (Жамбылская область). По результатам двухлетних испытаний на 4-х сортоучастках урожайность сорта EURASIA достоверно превышала сорт стандарт Аннушка (таблица 5).

По Восточно-Казахстанской области испытание сорта сои EURASIA проходило на комплексном Государственном сортоиспытательном участке Алтай. Средняя урожайность за два года составила 30,9 ц/га, условного стандарта – 25,9 ц/га. Превышение составило 5,3 ц/га или

20,7%. Наивысшая урожайность 31,1 ц/га сформировалась в 2024 году и была выше условного стандарта на 5,8 ц/га. Продолжительность вегетационного периода – 121 суток, сорт созревал раньше стандарта на двое суток.

Таблица 5 – Результаты полевых исследований сорта сои EURASIA на участках сортоиспытания (2024–2025 гг.)

Сорт сои	Урожайность, ц/га				Вегетативный период, суток
	2024	2025	Среднее	Отклонение	
ГСУ Алтай, ВКО					
EURASIA	31,1	30,7	30,9	+5,3	121
Усл.стандарт	25,3	25,9	25,6	Ст.	123
Сайрамский комплексный ГСУ, Туркестанская область					
EURASIA	32,3	32,5	32,4	+0,1	123
Усл.стандарт	32,3	32,3	32,3	Ст.	124
Саркандский ГСУ, область Жетысу					
EURASIA	20,7	6,1	13,4	+3,0	113
Усл.стандарт	11,4	9,5	10,4	Ст.	94
Карабулакский ГСУ, область Жетысу (в условиях орошения)					
EURASIA	23,5	24,3	23,9	+4,7	119
Усл.стандарт	20,0	18,4	19,2	Ст.	108

По Туркестанской области сорт сои EURASIA испытывался на Сайрамском комплексном Государственном сортоиспытательном участке. За два года испытания сорт был на уровне с условным стандартом. Урожайность составила 32,4 ц/га, у стандарта 32,3 ц/га. Сорт созревал на уровне со стандартом за 123 суток.

По области Жетысу изучение проходило на двух сортоучастках – Саркандском и Карабулакском Государственных сортоиспытательных участках.

Урожайность на Саркандском Государственном сортоиспытательном участке составила за 2 года испытания 13,4 ц/га, условный стандарт – 10,4 ц/га, превышение над стандартом составило 3,0 ц/га. Высокая урожайность – 20,7 ц/га получена в 2024 году, в 2025 году при неблагоприятных условиях – 6,1 ц/га. Сорт созревал на данном сортоучастке за 113 суток, что позже стандарта на 19 суток.

На Карабулакском Государственном сортоиспытательном участке в условиях орошения средняя урожайность сорта EURASIA была 23,9 ц/га, у стандарта – 19,2 ц/га, сорт достоверно превышал условный стандарт на 4,7 ц/га. Продолжительность вегетационного периода 119 суток, у стандарта – 108 суток, сорт созревал позже стандарта на 11 суток.

По решению Государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур сорт сои EURASIA зарегистрирован в Реестр селекционных достижений Республики Казахстан в 2026 году (патент № 1253) [12].

Параллельно с государственным сортоиспытанием в ТОО «ОХМК» проводили производственное испытание нового сорта EURASIA.

Комплексная оценка агробиологических свойств изучаемого сорта в течение двух лет (2024-2025 гг.) позволила выявить стабильное преимущество сорта EURASIA над стандартом по ряду значимых хозяйственно-ценных признаков и технологичность в условиях региона (таблица 6).

Таблица 6 – Сравнительные результаты производственного испытания сортов сои EURASIA и Бірлік (данные ТОО «Опытная станция масличных культур» 2024–2025 гг.)

Хозяйственные и биологические свойства	EURASIA		Среднее	Стандарт-Бірлік		Среднее	Отклонение (+/- к стандарту)
	2024	2025		2024	2025		
Урожайность, ц/га	32,6	42,0	37,3	29,8	31,0	30,4	+6,9

Продолжение таблицы 6

Содержание в семенах белка, %	40,3	39,7	40,0	37,9	41,1	39,5	+0,5
Содержание в семенах жира, %	20,0	19,2	19,6	20,8	18,0	19,4	+0,2
Масса 1000 семян, г	182,7	211,7	197,2	158,3	183,5	170,9	+26,3
Период вегетации, суток	115	108	111	114	110	112	-1
Высота растения, см	90	84	87	117	84	100	-13
Высота прикрепления нижнего боба, см	13	11	12	14	11	12	0

По результатам двухлетнего изучения средняя урожайность сорта EURASIA составила 37,3 ц/га, что превышает показатели сорта Бірлік на 6,9 ц/га, или на 22,7%. Наибольшая урожайность была в 2025 году 42,0 ц/га. Полученное преимущество свидетельствует о высокой реализации генетического потенциала продуктивности сорта в условиях региона.

Масса 1000 семян в среднем составила 197,2 г, превысив стандарт на 26,3 г. Максимальное значение по данному показателю было отмечено в 2025 году – 211,7 г. Повышенная масса семян способствует увеличению энергии прорастания и формированию более дружных всходов, обеспечивая равномерность развития растений и улучшение структуры урожая. Указанная особенность напрямую связана с повышением продуктивности сорта.

По биохимическим показателям сорт сои EURASIA характеризуется выраженной белковой направленностью. Среднее содержание белка (40,0%), что на 0,5% выше уровня стандарта. Содержание жира у сорта EURASIA (19,6%), что на уровне стандарта сорта Бірлік (19,4%).

Сорт относится к скороспелой группе спелости, на производственных посевах период вегетации составил 111 суток. Сорт высокотехнологичен, высота растений 87 см. Такая оптимальная высота растений снижает риск полегания посевов.

Прикрепление нижнего боба у сорта EURASIA высокое – 12 см, что обеспечивает снижение потерь урожая при механизированной уборке.

В производственных условиях сорт сои EURASIA продемонстрировал значительное превосходство над стандартным сортом Бірлік по урожайности, массе 1000 семян и содержанию белка.

При оптимальной продолжительности вегетационного периода, сорт сои EURASIA сочетает высокую продуктивность, экологическую устойчивость и технологичность уборки. Полученные результаты подтверждают перспективность его возделывания в почвенно-климатических условиях Восточного Казахстана и сходных агроэкологических зонах.

Обсуждение

Результаты комплексного изучения нового сорта сои EURASIA свидетельствуют о его высоком адаптивном потенциале и подтверждают селекционную эффективность индивидуального отбора в расщепляющихся популяциях. Успешное сочетание стабильной продуктивности и скороспелости позволяет эффективно решать проблему нестабильности урожаев в резко континентальных условиях Восточного Казахстана, где лимитирующими факторами выступает дефицит гидротермических показателей. Данные параметры полностью соответствуют современным тенденциям отечественной и мировой селекции, ориентированным на создание ультраннх и раннеспелых форм сои, способных гарантированно завершать вегетацию в северных и восточных агроклиматических зонах.

Выявленная высокая экологическая пластичность сорта EURASIA проявляется в его стабильном превосходстве над стандартами как в условиях зоны Восточного Казахстана, так и в южных регионах республики. Опыт современных исследований показывает, что у раннеспелых

сортів дефіцит вологи часто викликає різке падіння маси 1000 насіння і продуктивності. Сорт EURASIA, навпаки, демонструє на богарі високу урожайність, а при зрошенні різко збільшує розмір насіння, що підтверджується суттєвим зростом маси 1000 насіння за даними Державного сортоиспытания. Важливе практичне значення має підвищена маса 1000 насіння, яка забезпечує високу енергію проростання, дружність сходів і формування оптимальної структури агроценозу.

Наряду с высокой адаптивностью к факторам среды, новый сорт успешно сочетает в себе раннеспелость и высокое содержание белка в семенах. Сорт EURASIA характеризуется выраженной белковой направленностью, не уступая по этому показателю среднеспелым аналогам. Стабильно высокое содержание белка при сохранении оптимальной маслячности позволяет существенно увеличить общий сбор белка и выход масла с единицы площади.

Помимо биохимической ценности, практическая значимость сорта тесно связана с его технологичностью при механизированной уборке. Детерминантный тип роста в сочетании с компактным кустом оптимальной высоты сводит к минимуму риски полегания посевов даже в годы с обильным выпадением осадков. Высокое прикрепление нижних бобов и устойчивость к их растрескиванию позволяют проводить уборку прямым комбайнированием с минимальными потерями, что отличает сорт сои EURASIA от многих ранних сортов отечественной селекции, склонных к растрескиванию при перестое. Способность сорта дружно созревать в оптимальные сроки без применения химической десикации и искусственной досушки семян существенно снижает себестоимость производства и повышает общую рентабельность.

Таким образом, сорт сои EURASIA успешно совмещает в себе комплекс хозяйственно-ценных признаков и адаптивных свойств, полностью отвечая современным запросам агропромышленного комплекса. Официальная регистрация сорта в Реестре селекционных достижений Республики Казахстан открывает широкие перспективы для его масштабного внедрения в производство с целью импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности страны.

Заклучение

В результате проведённой селекционной работы создан новый сорт сои EURASIA, рекомендуемый для возделывания в условиях южных и восточных регионов Казахстана. Сорт EURASIA сочетает оптимальную продолжительность вегетационного периода (111 суток), высокую урожайность (37,3 ц/га) и адаптационную устойчивость к абиотическим и биотическим факторам среды.

За время прохождения сортоиспытания в сети государственных сортоучастков, расположенных в различных зонах Казахстана, урожайность сорта EURASIA варьировала от 13,4 до 32,4 ц/га при продолжительности вегетационного периода 113–123 суток.

В производственных посевах ТОО «ОХМК» урожайность сорта составила 37,3 ц/га, период вегетации 111 суток, содержание белка в семенах 40,0%.

Полученные в производстве результаты свидетельствуют о перспективности использования данного сорта для расширения производства сои в различных агроэкологических зонах Казахстана и стабильного повышения урожайности культуры.

С 2026 года по решению Государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур сорт сои EURASIA внесен в Государственный реестр селекционных достижений, рекомендуемых к использованию в Республике Казахстан (Патент № 1253).

Вклад авторов

НГ, ЕЖ и ВА: в равной степени приняли участие в планировании, проведении всех этапов экспериментальных исследований (полевых и лабораторных), а также в статистической обработке полученных данных. Оформили статью, провели вычитку и подготовили окончательную редакцию рукописи.

Информация о финансировании

Данная работа выполнена в рамках программно-целевого финансирования Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан по бюджетной программе 267 на 2024–2026 гг.

BR22885857 «Создание и внедрение в производство высокопродуктивных сортов и гибридов масличных и крупяных культур с целью обеспечения продовольственной безопасности Казахстана».

Список литературы

- 1 Синеговский, М.О. (2023). Соя – культура мирового земледелия. *Вестник Российской сельскохозяйственной науки*, 5, 22–25.
- 2 Zatybekov, A., Genievskaya, Y., Abugalieva, S., Turuspekov, Y. (2025). Uncovering the genetic landscape of soybean accessions from Kazakhstan. *BMC Genomics*, 26, 1–15.
- 3 Didorenko, S.V., Kissetova, E.M., Zinchenko, A.V. (2021). Formation of productivity traits in soybean genotypes under irrigation conditions. *AGRIVITA Journal of Agricultural Science*, 43(2), 305–315.
- 4 Tleulina, Z., Kipshakbayeva, G., Amantaev, B. (2023). Influence of climate conditions and biofertilizers on soybean yield in Kazakhstan. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, 18(6), 1195–1202.
- 5 Doszhanova, B.N., Didorenko, S.V., Turuspekov, Y.K. (2019). Analysis of soybean world collection in conditions of south eastern Kazakhstan. *International Journal of Biology and Chemistry*, 12(2), 35–42.
- 6 Кипшакбаева, Г.А., Аширбекова, А.А., Амантаев, Б.О. (2025). Оценка сортов сои различного происхождения в условиях Северного Казахстана. *Вестник науки Казахского агротехнического исследовательского университета им. С. Сейфуллина*, 2, 45–53.
- 7 Есенбаева, Г.Л. (2025). Повышение урожайности и качества сои в условиях биологизации земледелия, *Ізденістер, нәтижелер*, 1, 85–92.
- 8 Кушанова, Г.К., Дидоренко, С.В., Кисетова, Э.М. (2023). Семеноводство отечественных сортов сои на юго востоке Казахстана. *Зернобобовые и крупяные культуры*, 3(47), 82–88.
- 9 Didorenko, S.V., Sidorik, I.V., Zinchenko, A.V., Kissetova, E.M. (2024). Creation of ultra-ripening soybean varieties for Northern Kazakhstan. *Bulletin of L.N. Gumilyov ENU. Bioscience series*, 2, 7–25.
- 10 Abugalieva, S.I., Volkova, L.A., Didorenko, S.V. (2016). Genetic diversity of soybean in Kazakhstan. *Plant Genetic Resources*, 14(3), 231–237.
- 11 *Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в Республике Казахстан. Астана: Министерство сельского хозяйства РК*. (2025).
- 12 Current status of oilseed crops in the Republic of Kazakhstan. (2025). *OCL – Oilseeds and fats, Crops and Lipids*, 32, 1–10.
- 13 Доспехов, Б.А. (1985). *Методика полевых опытов: учеб. пособие*. М.: Агропромиздат, 351.
- 14 Вавилов, Н.И. (1935). Предисловие. Вопросы систематики, генетики и селекции сои: Тр. ВНИИ зернобобовых культур. М.: Сельхозгиз, 2, 3–4.
- 15 Присяжнюк, Л.М., Парий, М.Ф. (2021). Современные методы оценки семян сои и зернобобовых культур. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*, 17(2), 146–154.
- 16 Зинченко, А.В., Дидоренко, С.В., Екатеринская, Е.М. (2023). Оценка урожайности и качества семян сои мировой коллекции в условиях Северного Казахстана. *3i: intellect, idea, innovation*, 2, 102–111.
- 17 Бабич, А.О., Бабич-Побережна, А.А. (2011). Селекція, виробництво, торгівля і виховання сої у світі. К.: Аграрная наука, 548.
- 18 Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан. (2023). *Методические рекомендации по проведению сортоиспытаний зернобобовых культур*. Астана: 128.
- 19 *Практикум по селекции и семеноводству полевых культур*. (1975). Москва: Колос, 357.
- 20 *Методические указания по селекции и семеноводству сои*. (1981). М.: ВАСХНИЛ.

References

- 1 Sinegovskij, M.O. (2023). Soya – kul'tura mirovogo zemledeliya. *Vestnik Rossiiskoi sel'skohozyaistvennoinauki*, 5, 22–25. [in Russ].

- 2 Zatybekov, A., Genievskaia, Y., Abugalieva, S., Turuspekova, Y. (2025). Uncovering the genetic landscape of soybean accessions from Kazakhstan. *BMC Genomics*, 26, 1–15.
- 3 Didorenko, S.V., Kissetova, E.M., Zinchenko, A.V. (2021). Formation of productivity traits in soybean genotypes under irrigation conditions. *AGRIVITA Journal of Agricultural Science*, 43(2), 305–315.
- 4 Tleulina, Z., Kipshakbayeva, G., Amantaev, B. (2023). Influence of climate conditions and biofertilizers on soybean yield in Kazakhstan. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, 18(6), 1195–1202.
- 5 Doszhanova, B.N., Didorenko, S.V., Turuspekova, Y.K. (2019). Analysis of soybean world collection in conditions of south eastern Kazakhstan. *International Journal of Biology and Chemistry*, 12(2), 35–42. [in Russ].
- 6 Kipshakbaeva, G.A., Ashirbekova, A.A., Amantaev, B.O. (2025). Ocenka sortov soi razlichnogo proishozhdeniya v usloviyah Severnogo Kazakhstana. *Vestnik nauki Kazahskogo agrotekhnicheskogo issledovatel'skogo universitetaim. S. Seifullina*, 2, 45–53. [in Russ].
- 7 Esenbaeva, G.L. (2025). Povyshenie urozhainosti i kachestva soi v usloviyah biologizatsii zemledeliya, *Izdenister, nátiyeler*, 1, 85–92. [in Russ].
- 8 Kushanova, G.K., Didorenko, S.V., Kissetova, E.M. (2023). Semenovodstvo otechestvennykh sortov soi na jugo vostokey Kazakhstana. *Zernobobovye i krupjanye kul'tury*, 3(47), 82–88. [in Russ].
- 9 Didorenko, S.V., Sidorik, I.V., Zinchenko, A.V., Kissetova, E.M. (2024). Creation of ultra-ripening soybean varieties for Northern Kazakhstan. *Bulletin of L.N. Gumilyov ENU. Bioscience series*, 2, 7–25.
- 10 Abugalieva, S.I., Volkova, L.A., Didorenko, S.V. (2016). Genetic diversity of soybean in Kazakhstan. *Plant Genetic Resources*, 14(3), 231–237.
- 11 Gosudarstvennyi reestr selektsionnykh dostizhenii, dopushhennykh k ispol'zovaniyu v Respublike Kazakhstan. (2025). Astana: Ministerstvo sel'skogo hozyaistva RK.
- 12 Current status of oilseed crops in the Republic of Kazakhstan. (2025). *OCL – Oilseeds and fats, Crops and Lipids*, 32, 1–10.
- 13 Dospekhov, B.A. (1985). *Metodika polevykh opytov: ucheb. posobie*. M.: Agropromizdat, 351. [in Russ].
- 14 Vavilov, N.I. (1935). *Predislovie. Voprosy sistematiki, genetiki i selekcii soi: Tr. VNII zernobobovykh kul'tur*. M.: Sel'hozgiz, 2, 3–4. [in Russ].
- 15 Prisjazhnjuk, L.M., Parij, M.F. (2021). Sovremennyye metody ocenki semjan soi i zernobobovykh kul'tur. *Sortovivchennyya ta ohorona prav na sorti roslin*, 17(2), 146–154. [in Russ].
- 16 Zinchenko, A.V., Didorenko, S.V., Ekaterinskaya, E.M. (2023). Ocenka urozhainosti i kachestva semyan soi mirovoi kolleksii v usloviyah Severnogo Kazakhstana. *3i: intellect, idea, innovation*, 2, 102–111. [in Russ].
- 17 Babich, A.O., Babich-Poberezhna, A.A. (2011). *Selektsiya, virobnytvo, tovgivlya i vikorastannya soi u sviti*. K.: Agrarnaya nauk, 548. [in Ukr].
- 18 Ministerstvo sel'skogo hozyaistva Respubliki Kazakhstan. (2023). *Metodicheskie rekomendatsii po provedeniyu sortoispytaniy zernobobovykh kul'tur*. Astana: 128. [in Russ].
- 19 *Praktikum po selekcii i semenovodstvu polevykh kul'tur*. (1975). Moskva: Kolos, 357. [in Russ].
- 20 *Metodicheskie ukazaniya po selekcii i semenovodstvu soi*. (1981). M.: VASHNIL. [in Russ].

Шығыс Қазақстан облысы жағдайында EURASIA май бұршағының жаңа сортын жасау және сипаттамасы

Григорчук Н. Ф., Журба Е.А., Артемьева В. А.

Түйін

Алғышарттар мен мақсат. Қазақстанда майбұршақ өсімдік шаруашылығының егіс алқаптарының құрылымын әртараптандырудың перспективалы дақылы болып саналады. Соңғы жылдары майбұршақ өсіруге қызығушылықтың артқаны байқалады. Қазақстанда аймақтандырылған сорттардың түрлері салыстырмалы түрде шектеулі болып қала береді, ал

олардың өнімділігі қолайсыз ауа райы жағдайында тұрақсыз. «Майлы дақылдар тәжірибелік шаруашылығы» ЖШС-нің селекциялық бағдарламасы өзгермелі климатта тұрақты өнімділікті қамтамасыз етуге қабілетті жоғары экологиялық икемділікке ие майбұршақ сорттарын жасауға бағытталған. Зерттеудің мақсаты – аймақтың табиғи-климаттық жағдайларына бейімделген, жоғары өнімділікті, қоршаған ортаның стресс факторларына төзімділікті және тұқым сапасын жақсартатын жаңа ерте пісетін майбұршақ сортын жасау болды.

Материалдар мен әдістер. Жаңа EURASIA сорты L. 443/L. 214 гибридіті популяциясынан жеке селекция арқылы алынды. Зерттеуде фенологиялық бақылаудың, ауруларға төзімділікті бағалаудың және статистикалық деректерді өңдеудің жалпы қабылданған әдістері қолданылды. Тұқым сапасы (ақуыз, май) Infrascan-3150 инфрақызыл анализаторын пайдаланып талданды.

Нәтижелер. Конкурстық сорт сынақтарының нәтижелері бойынша (2021–2023) жаңа EURASIA сортының вегетациялық кезеңі 99 күнді құрады, орташа өнімділік – 20,3 ц/га (Аннушка стандартынан 8,0 ц/га жоғары), ақуыз мөлшері – 38,6%, ал май мөлшері 20,1% болды. Мемлекеттік сорт сынақ алаңдарында (2024–2025) жаңа сорт өзінің жоғары бейімделгіштігі мен технологиялық тиімділігін растады, бұл Шығыс Қазақстан облысында – 30,9 ц/га, Түркістан облысында – 32,4 ц/га және Жетісу облысында 23,9 ц/га жоғары өнімділікті құрады. «Майлы дақылдар тәжірибелік шаруашылығы» ЖШС өндірістік алқаптарында өнімділік 37,3 ц/га жетті (2025 жылы ең көбі – 42,0 ц/га), ақуыз мөлшері – 40,0% және 1000 тұқымның салмағы – 197,2 г. Жаңа EURASIA майбұршақ сорты айқын өсу үлгісімен (детерминантты), жоғары өнімділігімен және жатып қалуға, бұршақ жарылуы мен негізгі ауруларға төзімділігімен сипатталады. Сорт механикалық жинауға өте қолайлы.

Қорытынды. 2026 жылдан бастап сорт Қазақстан Республикасының селекциялық жетістіктерінің мемлекеттік тізіліміне енгізілген (патент № 1253) және Шығыс Қазақстан, Түркістан және Жетісу облыстарында өсіруге ұсынылады.

Кілт сөздер: май бұршақ; ерте пісетін сорт; сортты сынау; шаруашылық бағалы бейімділік; өнімділік; ақуыз мөлшері.

Creation and characterization of a new soybean variety EURASIA in the conditions of the Eastern Kazakhstan region

Hryhorchuk, N.F., Zhurba, E.A., Artemyeva, V.A.

Abstract

Background and Aim. In Kazakhstan, soybean is considered a promising crop for diversifying the structure of crop acreage. Interest in soybean cultivation has increased in recent years. The range of regionalized varieties in Kazakhstan remains relatively limited, and their productivity is unstable under adverse weather conditions. The breeding program at the «Experimental Oilseed Farm» LLC is aimed at developing soybean varieties with high ecological flexibility capable of ensuring stable yields in a variable climate. The objective of the study was to develop a new early-ripening soybean variety combining high yield potential, resistance to environmental stress factors, and improved seed quality, while being adapted to the natural and climatic conditions of the region.

Materials and Methods. The new variety, EURASIA, was obtained through individual selection from the L. 443/L. 214 hybrid population. The study employed generally accepted methods of phenological observation, disease resistance assessment, and statistical data processing. Seeds quality parameters (protein, fat) were analyzed using the Infrascan-3150 infrared analyzer.

Results. According to the results of competitive variety testing (2021–2023), the vegetation period of the new EURASIA variety was 99 days, the average yield was 20.3 c/ha, the protein content was 38.6%, and the fat content was 20.1%. At state variety testing sites (2024–2025), the new variety confirmed its high adaptability and technological effectiveness, which formed a high yield in the East Kazakhstan region of 30.9 c/ha, in the Turkestan region – 32.4 c/ha, and in the Zhetysu region – 23.9 c/ha. In production fields at Experimental Oilseed Farm LLC, yields reached 37.3 c/ha (with a maximum of 42.0

c/ha in 2025), with a protein content of 40.0% and a 1,000-seed weight of 197.2 g. The new soybean variety EURASIA is characterized by a determinate growth type, high productivity, and resistance to lodging, bean cracking, and major diseases. The variety is highly suitable for mechanical harvesting.

Conclusion. Since 2026, the variety has been included in the State Register of Breeding Achievements of the Republic of Kazakhstan under Patent No. 1253 and is recommended for cultivation in the East Kazakhstan, Turkestan, and Zhetysu regions.

Keywords: soybean; early-ripening variety; variety testing; economically valuable traits; productivity; protein content.

Как цитировать: Ибрагимова Г.М., Нусупова А.О., Кошмагамбетова М.Ж., Мавлянова Р.Ф. (2026). Продуктивность сортообразцов лука-шалота (*Allium ascalonicum* L.) в условиях Юго-востока Казахстана. *Евразийский агротехнический журнал*, 2(130), 242-251. DOI: [https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2\(130\).2230](https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2(130).2230)

УДК 63:635:635.2:635.25

Исследовательская статья

Продуктивность сортообразцов лука-шалота (*Allium ascalonicum* L.) в условиях Юго-востока Казахстана

Ибрагимова Г.М.¹ , Нусупова А.О.¹ , Кошмагамбетова М.Ж.¹ 
Мавлянова Р.Ф.² 

¹Региональный филиал «Кайнар» ТОО «Казахский научно-исследовательский институт плодовоощеводство»

Алматинская область, Карасайский район, с.Кайнар, Казахстан

²Научно-исследовательский институт овоще-бахчевых культур и картофеля, Ташкент, Узбекистан

Автор-корреспондент: Кошмагамбетова М.Ж.: k.meruert91@mail.ru

Соавторы: (1: ИГ) gulnara.0868@mail.ru; (2: АО) aigul.nusupova.65@mail.ru
(3: МР) mravza@yandex.ru

Получено: 29.04.2026 **Принято:** 30.06.2026 **Опубликовано:** 30.06.2026

Авторские права: Кошмагамбетова М.Ж. и др. Данная статья размещена в открытом доступе и распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Аннотация

Предпосылки и цель. Лук-шалот (*Allium ascalonicum* L.) является ценной овощной культурой, характеризующейся высокими вкусовыми качествами, пищевой ценностью и хозяйственной значимостью. В условиях юго-востока Казахстана актуальной задачей является поиск и отбор адаптированных высокопродуктивных сортообразцов, способных формировать стабильный урожай. Цель исследования – выявление перспективных образцов лука шалота по комплексу хозяйственно-ценных признаков для дальнейшего использования в селекционной работе и производстве.

Материалы и методы. Исследования проведены на базе регионального филиала «Кайнар» ТОО «Казахский научно-исследовательский институт плодовоощеводства» в агроклиматических условиях юго-востока Казахстана. Объектами исследования служили 10 сортообразцов лука шалота. Оценка проводилась по морфологическим, биометрическим и хозяйственно-ценным показателям, включая урожайность, среднюю массу луковиц, гнездность и товарность продукции.

Результаты. В ходе исследований выявлены существенные различия между изучаемыми образцами по основным хозяйственно-ценным признакам. Максимальная урожайность отмечена у образца К-157 и составила 31,1 т/га. Данный образец также характеризовался высокой гнездностью – 8–9 луковиц в гнезде. Образец П-40 выделился по комплексу ценных признаков: урожайность достигла 29,3 т/га, средняя масса луковицы составила 45,4 г, товарность продукции – 92,8 %. Изученные образцы различались по размеру луковиц, уровню продуктивности и степени адаптации к условиям региона.

Закключение. По результатам исследований выделены перспективные сортообразцы лука шалота, адаптированные к агроклиматическим условиям юго-востока Казахстана. Образцы К-157 и П-40 рекомендованы для дальнейшего использования в селекционной работе и при создании высокопродуктивных сортов культуры.

Ключевые слова: сортообразец; стандарт; лук шалот; урожайность; отбор.

Введение

Лук-шалот (*Allium ascalonicum* L.) относится к многозачатковым формам культурных луков и характеризуется способностью формировать несколько дочерних луковиц в одном гнезде. В условиях юго-востока Казахстана данная культура представляет интерес благодаря высокой адаптивности, скороспелости и хорошей лежкости продукции. Видовое разнообразие культур семейства луковых позволяет человеку использовать в пищу в свежем виде, лечебных целях многие виды луков в течение всего года [1].

Лук шалот по морфометрическим и биологическим признакам близок к луку репчатому. Отличается от него меньшими размерами луковиц с большим числом зачатков, быстрыми темпами роста и развития, продолжительным периодом покоя [2].

Ценится он за свою сочную и богатую витаминами зелень и за луковицы, прекрасно сохраняющиеся длительное время. Возделывают его как в открытом, так и в защищенном грунте [3].

По химическому составу листья и луковицы шалота превосходят лук репчатый: в них больше сухого вещества, сахаров, меньше накапливается нитритов. Листья содержат сухого вещества 10,5–13,9%, сахаров – 3–4%, витамина С – 32,0–57,0 мг %; луковица – соответственно 14,7–24,2%, 5,6–16,5% и 5,7–18,0 мг %. Кроме того, лук-шалот отличается не только вкусовыми характеристиками, но и диетическими особенностями. Энергетическая ценность: зелени – 17–19, луковиц – 33–36 калорий на 100 г сырой массы. [4, 5].

В зависимости от условий выращивания и сортовых особенностей урожайность зеленых листьев составляет 25–64 т/га, а луковиц 20–50 т/га. Луковицы шалота уступают по своим размерам луковицам лука репчатого, но обладают способностью храниться длительное время при комнатной температуре [6, 7].

Гибридизация остаётся одним из ключевых методов получения исходного материала, позволяющим объединять ценные признаки, использовать эффект гетерозиса и расширять генетическую базу культуры [8].

Из одной посадочной луковицы у лука шалота образуется гнездо из нескольких 2–20 шт., нарастает зелёная масса листьев. Листья шалота сочные, нежные и имеют богатый качественный состав [9].

Tsagaye и др. (2021) изучили продуктивность сортов лука шалота, полученных из истинных семян, и установили существенное влияние генотипа на урожайность и ее структурные элементы. Наиболее высокие показатели товарной и общей урожайности сформировал сорт Improved Minjar, что свидетельствует о высокой селекционной ценности данного генотипа. Авторы подчёркивают необходимость проведения многофакторных испытаний в различных агроэкологических условиях для оценки адаптивности и стабильности продуктивности сортов [10].

Благодаря специфическим морфофизиологическим свойствам, включая повышенное содержание сухих веществ адаптивность к колебаниям температур и устойчивость к ряду фитопатогенов, данная культура является перспективной для интенсификации овощеводства.

В последние годы интерес к луку шалоту заметно вырос, т.к. лук шалот – выгодная культура для выращивания в сельскохозяйственном производстве, но в нашей стране распространен недостаточно, выращивается на небольших площадях. В настоящее время в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в Республике Казахстан, внесено 3 сорта лука-шалота – Кайнарский, Водолей и Солнышко селекции Казахского научно-исследовательского института плодовоовощеводства. Сорт Кайнарский допущен к использованию с 1982 года в Акмолинской, Алматинской, Кызылординской, Костанайской, Павлодарской областях. Сорт Водолей допущен к использованию с 2003 года в Алматинской области, сорт Солнышко допущен к использованию с 2017 года в Алматинской, Жамбылской, Туркестанской областях [11].

В этой связи, особую актуальность приобретает изучение продуктивности и адаптивных свойств сортообразцов лука шалота в конкретных почвенно-климатических условиях региона.

Исследования, проведённые различными авторами, показывают, что экотипы лука шалота заметно различаются по темпам роста, морфологическим особенностям и комплексу хозяйственно-ценных признаков. Подобные различия обусловлены генетической неоднородностью форм и их приспособленностью к конкретным почвенно-климатическим условиям. При сравнительной

оценке установлены отличия по высоте растений, массе луковиц, их количеству в гнезде, а также по показателям общей урожайности. Это свидетельствует о значительном потенциале местных форм как исходного материала для селекционной работы. Использование таких экотипов представляется перспективным направлением для повышения устойчивости и продуктивности овощных культур в условиях конкретных регионов [12].

Повышение продуктивности овощных культур, в том числе лука шалот в условиях юго-востока Казахстана является одной из приоритетных задач современного овощеводства. Существенная роль при этом отводится совершенствованию агротехнологий, включая рациональное использование орошаемых земель, оптимизации водного и питательного режимов растений [11].

Учитывая, что культура разнообразна по своему морфологическому строению, отзывчивости к условиям вегетации, способности реализовывать свой биологический потенциал, селекционерами ведётся большая работа по отбору перспективного материала и созданию сортов.

Целью исследований было изучение образцов питомника конкурсного испытания лука шалота по основным хозяйственно-ценным признакам в условиях юго-востока Казахстана, выделение перспективных форм и создание на их основе новых сортов.

Материалы и методы

Опыты были заложены на полях селекционно-семеноводческого севооборота Регионального филиала «Кайнар» ТОО «Казахский научно-исследовательский институт плодовоовощеводства».

Почвы опытного участка предгорные темно-каштановые, орошаемые. Механический состав почвы – среднесуглинистый. В пахотном слое почвы содержится около 3,0% гумуса; 0,18–0,20% общего азота; 0,19–0,20% валового фосфора. Почва среднеобеспечена подвижными формами элементов питания: P_2O_5 – 34–37 мг/кг, K_2O – 320–350 мг/кг. Реакция почвенной среды слабощелочная, показатель pH равен 7,3–7,4. Объемная масса почвы – 1,1–1,2 кг/см³.

Вегетационный период 2025 года характеризовался аномально жаркими и засушливыми погодными условиями. Среднесуточная температура воздуха в течение апреля-сентября превышала среднегодовое значения на 1,4–6,5 °С, относительная влажность воздуха была ниже нормы в среднем на 11,6 %, а сумма атмосферных осадков за период вегетации составила 124,7 мм против среднегодовых 288,0 мм. Лишь в сентябре наблюдалось превышение нормы осадков. Сочетание высоких температур, низкой влажности воздуха и дефицита осадков сформировало выраженный гидротермический стресс, что оказало существенное влияние на рост, развитие и формирование урожайности растений лука шалота.

При выращивании лука шалота применялась технология возделывания, рекомендуемая для зоны. Высадка луковиц проводилась по заранее нарезанным бороздам глубиной 6–8 см с расстоянием между рядами 70 см, посадка двухстрочная гребневая, с учетной площадью 5 м², повторность 4-х кратная. В качестве стандартов использованы районированные в РК сорта Кайнарский и Водолей.

Материалом исследований послужили 10 образцов лука-шалота питомника конкурсного испытания.

Наблюдения и учёты велись с использованием методических указаний по селекции луковых культур и методики Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [13].

Описание морфологических признаков и параметров проводилось по международной системе UPOV и рекомендаций Госкомиссии РК [14].

Математическая обработка данных проводилась по Доспехову А.Б. [15].

Результаты

В 2023–2025 году в питомнике конкурсного сортоиспытания, расположенном на базе регионального филиала «Кайнар» ТОО «Казахский научно-исследовательский институт плодовоовощеводства», была проведена комплексная оценка 10 сортообразцов лука-шалота. Изучаемые образцы сравнивались со стандартными сортами Кайнарский и Водолей, рекомендуемые для использования в условиях юго-востока Казахстана. При выращивании применялась общепринятая агротехника возделывания лука-шалота.

На всех образцах было проведено морфологическое описание сортообразцов, изучен вегетационный период, проведены биометрические анализы и учёт урожая. В таблице 1 приведено морфологическое описание изучаемых образцов лука шалота.

Таблица 1 – Морфологическое описание лука-шалота

Сортообразцы	Форма луковицы	Окраска наружных чешуй	Окраска внутренних чешуй	Количество наружных чешуй	Плотность луковицы
К-66	округлая	Коричнево-розовая	светло-сиреневая	2–3	плотная
К-29	овальная	коричневая	сиреневая	3–4	плотная
П-37	овальная	коричневая	светло-сиреневая	3–4	плотная
П-40	овальная	желтая	белая	2–3	средняя
П- 43	округлая	желто-коричневая	кремовая	3–4	плотная
П-66	округло-плоская	коричнево-розовая	сиреневая	2–3	плотная
П-213	округлая	желтая	кремовая	2–3	средняя
К -105	округло-плоская	коричневая	светло-сиреневая	2–3	плотная
К-157	округлая	желтая	белая	2–3	средняя
К-134	плоско-округлая	коричне-желтая	белая	2–3	средняя
St Кайнарский	округлая	коричневая с розовым оттенком	светло-сиреневые	3–4	плотная
St Водолей	овальная	светло-коричневая с желтым оттенком	кремовая	34	плотная

Изучаемые сортообразцы имеют различную форму от округло-плоской до овальной, окраску наружных и внутренних чешуй. Количество сухих наружных чешуй колеблется от 2 до 4 шт. Луковицы плотные у 4-х образцов отмечается средняя плотность.

Сроки наступления и продолжительность основных фаз вегетации являются ключевыми биологическими характеристиками, определяющими адаптивность сортов к конкретным климатическим условиям. Фенологические наблюдения позволяют выявить различия в развитии растений изучаемых образцов по группам спелости.

Раннее и дружное появление массовых всходов влияет на формирование мощного ассимиляционного аппарата и напрямую коррелирует с урожайностью. В представленной ниже таблице 2 отражена динамика наступления основных фенологических фаз, начиная от момента посадки до полного созревания луковиц.

Таблица 2 – Изменчивость вегетационного периода лука шалота в разные годы изучения

Сортообразцы	Число суток от посадки до массовых всходов				Число суток от массовых всходов до полегания листьев			
	2023	2024	2025	средн.	2023	2024	2025	средн.
К-66	12	12	10	10–12	73	71	70	70–73
К-29	14	13	12	12–14	72	75	73	72–75
П-37	14	12	10	10–14	74	72	70	70–74
П-40	15	15	14	14–15	72	75	72	72–75
П- 43	14	12	11	11–14	82	79	81	79–82
П-66	12	14	13	12–14	85	83	83	83–85

Продолжение таблицы 2

П-213	13	12	15	12–15	72	74	72	72–74
К-105	10	13	14	10–14	72	72	70	70–72
К-157	14	11	13	11–14	74	74	72	72–74
К-134	14	13	10	10–14	72	71	70	70–72
St Кайнарский	10	12	12	10–12	75	72	73	72–75
St Водолей	11	10	14	10–14	87	85	83	85–87

Одним из важнейших показателей адаптивности сорта и качества посадочного материала является скорость прохождения начальных фаз развития. Анализ фенологических данных позволяет установить точные сроки наступления массовых всходов, которые в условиях опыта варьировались от 10 до 15 дней в зависимости от биологических особенностей изучаемых образцов. Появление всходов после посадки в сравнении со стандартными сортами существенных различий не имели.

Число суток от массовых всходов до полегания листьев (созревание) в среднем за годы изучения отмечали на 70–87 день. Лишь образец П-66 и сорт Водолей относятся к среднеспелой группе созревания. Остальные изучаемые образцы показали себя, как скороспелые.

Важнейшим фактором формирования продуктивности лука-шалота является развитие его фотосинтетической поверхности. Способность сорта эффективно использовать солнечную энергию напрямую зависит от геометрических параметров листовых пластинок и их общего количества на растении.

Для оценки потенциала наращивания вегетативной массы был проведен подсчет количества листьев на 1 побеге и на растении в целом, биометрические измерения длины и ширины листа, площади листовой поверхности, которая является основным показателем мощности растения.

Сравнительный анализ этих данных позволяет выявить сорта с наиболее развитым ассимиляционным аппаратом, что в дальнейшем определяет интенсивность накопления сухих веществ и общую массу формирующихся лукович.

Биометрические замеры проводили в фазу максимального отрастания листьев. Результаты биометрических измерений изучаемых сортообразцов приводятся в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристика вегетативной массы лук- шалота

Каталог	Количество листьев, шт на одном		Длина листа, см	Ширина листа, см	Площадь листа см ²	Окраска листьев	Восковой налет
	побеге	растении					
К-66	8,2	63,7	48,0	1,1	632,1	светло-зелёная	слабый
К-29	9,0	62,3	47,4	0,9	560,5	темно-зелёная	нет
П-37	8,8	61,8	54,3	0,9	627,8	светло-зелёная	слабый
П-40	7,6	53,2	46,2	1,0	512,6	темно-зелёная	слабый
П- 43	9,6	58,8	48,7	0,9	614,3	темно-зелёная	слабый
П-66	8,0	47,4	50,6	0,9	531,9	темно-зелёная	слабый
П-213	8,9	53,4	53,0	1,0	688,6	темно-зелёная	нет
К -105	8,7	54,4	48,5	1,1	677,6	зелёная	слабый
К-157	9,2	64,6	54,4	1,0	730,7	светло-зелёная	нет
К-134	8,5	57,8	46,7	1,1	637,5	зелёная	слабый
St Кайнарский	8,0	49,3	48,3	1,0	564,1	зелёная	средний
St Водолей	7,8	46,8	46,7	0,9	478,6	светло-зелёная	средний

Оценка вегетативной массы образцов лука шалота показала, что восковой налёт на листьях российских сортообразцов слабый или отсутствует. Кайнарский и Водолей имеют средний

восковой налёт. Количество листьев на одном побеге у сортообразцов колеблется от 8,2 до 9,6 шт., большое число листьев на одном побеге наблюдалось у образцов П-43 и К-1/157 (9,2–9,6) у стандартов Кайнарский и Водолей 8,0–7,8 шт. Остальные образцы по числу листьев на побеге, на уровне стандартов или немного выше.

Число листьев на одном растении составляет 47,4–64,6 шт. Самое большое количество листьев на одном растении у сортообразцов П-37 (61,8), К-29 (62,3), К-1/157 (64,6) шт. Меньшее число листьев было у образца П-66 (47,4). По ширине листьев существенных различий между вариантами опыта и стандартными сортами не было. Образцы К-29, у-40, П-66, П-213 отличались от стандартов темно-зелёной окраской листьев. По площади листа образцы превышают стандартные сорта Кайнарский и Водолей, только один образец У-40 (512,6) уступает им. Наибольшую ассимиляционную поверхность имели образцы К-1/157 (730,7 см²), К-1-05 (677,6 см²), П-213 (688,6 см²).

Урожайность является одним из основных хозяйственно-ценных признаков сорта. Лук-шалот выращивают как для получения зелёной массы, так и для формирования луковиц. Одним из его ценных свойств считается высокая пригодность для получения зелёного лука. Благодаря тому, что шалот относится к многозачатковому луку, он лучше подходит для выгонки по сравнению с репчатым луком. Каждая его ветвь формируется в среднем 5-6 листьев, а одно растение в целом может образовывать более 30 листьев, что делает его особенно продуктивным при выращивании на зелень.

Оценку сортообразцов на продуктивность зелёной массы проводили в момент массового отрастания листьев. Результаты учета продуктивности зелёного лука приводятся в таблице 4.

Таблица 4 – Продуктивность зелёных листьев сортообразцов лук-шалота

Сортообразцы	На одном растении		Длина листа, см	Урожай кг/м ²	Наличие желтизны
	ветвей	листьев			
К-66	4,8	46,8	41,8	2.8	нет
К-29	4,9	48,1	43,7	2.9	нет
П-37	5,6	53,7	48,0	4.5	нет
П-40	4,1	56,2	48,4	3.3	нет
П- 43	5,9	55,1	54,2	4.4	нет
П-66	5,1	53,7	55,6	4.3	нет
П-213	5,3	52,3	57,4	4.4	нет
К -105	5,8	51,8	53,2	4.1	нет
К-157	5,3	53,2	41,2	3.0	слабый
К-134	5,5	49,7	40,4	2.7	слабый
St Кайнарский	5,2	50,3	46,7	3,2	слабый
St Водолей	4,8	47,8	44,7	2,8	нет
НСР (05)				0,75	

Оценка урожайности с 1 м² показала различия в продуктивности зеленой массы. Урожайность варьировала от 2,7 до 4,5 кг/м². Наиболее высокий урожай зеленых листьев обеспечил образец П-37-4,5 кг/м², при средней длине листа 48,0 см и наибольшем количестве листьев на одном растении (53,7 шт). Близкие значения урожайности отмечены у образцов П-43, П-66, П-213 (по 4,1-4,4 кг/м²), при этом у них также наблюдается высокая облиственность и длинные листья (от 53 до 57 см). Наименьшую урожайность показал образец К-134-2,7 кг/м², несмотря на достаточное количество листьев. Желтизна листьев зафиксирована только у образцов К-157, К-134 и стандарта Кайнарский.

Урожайность является одним из важнейших показателей ценности селекционного материала. Урожайность зависит от биологических особенностей сорта, от условий выращивания.

При изучении сортообразцов особое внимание уделялось структуре урожая, которая определяет товарные качества продукции. При сравнении сортообразцов учитывали такие

показатели, как количество луковиц в одном гнезде (гнездность), средняя масса одной луковицы, общая урожайность и товарность. Стабильное получение высоких урожаев возможно только при комплексном подходе. Характеристика лучших сортообразцов лука-шалота приведена в таблице 5.

Таблица 5 –Хозяйственно-полезные признаки лука

Каталог	Урожайность т/га	Масса луковицы, г	Гнёздность, шт	Товарность, %
К -157	31,1	30,3	8-9	91,0
П -213	26,4	37,6	6-8	89,0
П – 40	29,3	45,4	4-6	92,8
К -105	28,7	36,3	6-8	89,4
St Кайнарский	27,4	47,4	5-7	93,6
St Водолей	22,9	58,2	4-6	88,4
НСР (05)	2,18			

Анализ хозяйственно-ценных признаков шести образцов лука шалота показал существенные различия по урожайности, массе луковиц, гнездности и товарности (таблица 5). Наибольшую урожайность имел образец К-157–31,1 т/га, при средней массе луковицы 30,3 г и высокой гнездности (8–9 луковиц в гнезде). Однако, наивысший показатель товарности был отмечен у сорта стандарта Кайнарский – 93,6% несмотря на умеренную урожайность (27,4 т/га) и массу луковиц – 47,4 г. Наименьшую урожайность показал сорт стандарт – Водолей – 22,9 т/га, при этом, он отличался самой крупной массой луковицы –58,2 г, но самой низкой товарностью среди образцов – 88,4%. Образец П-40 сочетал высокую массу луковиц (45,4 г), хорошую товарность (92,8%) и относительно низкую гнездность, что делает его перспективным для промышленного выращивания на получение крупных товарных луковиц.

Образцы К-157, П-40, оказались наиболее сбалансированными по комплексу хозяйственно-ценных признаков.

Обсуждение

Полученные результаты свидетельствуют о значительной изменчивости изученных сортообразцов лука шалота по основным хозяйственно-ценным признакам. Аналогичные различия по урожайности и адаптивности между генотипами отмечены в исследованиях *Алтысбаевой В.О.* и *Ибрагимовой Г.М.*, а также *Гринберга Е.Г.* и соавт. [3, 5].

Наибольшую урожайность в наших исследованиях обеспечил образец К-157 (31,1 т/га), характеризующийся высокой гнездностью (8–9 луковиц в гнезде). По данным Гринберга Е.Г. и соавт., увеличение количества луковиц в гнезде является одним из важных факторов повышения продуктивности шалота [7].

Образец П-40 сочетал высокую урожайность (29,3 т/га), крупность луковиц (45,4 г) и высокую товарность продукции (92,8%). Сходные результаты получены Tsagayev et al., которые установили существенное влияние генотипа на урожайность и её структурные элементы [9].

Таким образом, результаты исследования подтверждают данные других авторов о значительной роли генотипических особенностей в формировании продуктивности лука-шалота и свидетельствуют о перспективности образцов К-157 и П-40 для дальнейшей селекционной работы в условиях юго-востока Казахстана.

Заключение

В результате проведённых исследований установлено, что в агроклиматических условиях юго-востока Казахстана культура лука-шалота может успешно возделываться при грамотном подборе сортового материала и соблюдении рекомендованных агротехнических приёмов.

В питомнике конкурсного сортоиспытания изучено 10 сортообразцов лука-шалота. По каждому образцу выполнено морфологическое описание, определена продолжительность вегетационного периода, проведены биометрические измерения и учёт урожайности.

Анализ полученных результатов показал наличие различий между образцами по размеру луковиц, уровню урожайности и степени гнездности.

При сравнении со стандартными сортами Кайнарский и Водолей в условиях юго-востока Казахстана наибольшую урожайность обеспечил образец К-157 (31,1 т/га), характеризующийся также высокой гнездностью (8–9 луковиц в гнезде). По совокупности признаков – урожайности, массе луковиц и товарности продукции выделился образец П-40 (29,3 т/га; 45,4 г; 92,8%).

Выделенные образцы характеризуются рядом ценных показателей и могут быть рекомендованы для дальнейшего использования в селекционной работе. В частности, они представляют собой важный исходный материал при создании новых сортов, отличающихся повышенной продуктивностью и формированием более крупной луковицы.

Вклад авторов

ГМ, АО и РФ: введение, методология, исследование; МЖ: общая редакция статьи; ЭА: аннотация, заключение.

Информация о финансировании

Статья написана в рамках бюджетной программы 267 «Повышение доступности образования и научных исследований», программно-целевого финансирования Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан научно-технической программы BR22885335 «Обеспечение устойчивого развития картофелеводства, овощеводства и бахчеводства в Казахстане на основе селекции, семеноводства, биотехнологии и инновационных агротехнологий» на 2024–2026 гг.

Список литературы

- 1 Пивоваров, В.Ф. (2006). *Овощи России*. Москва: 384.
- 2 Водянова, О.С. (2007). *Луки*. А.О. «Баспалар Үйі»: 278
- 3 Алпысбаева, В.О., Ибрагимова, Г.М. (2012). *Лук-шалот в Казахстане: рекомендации*. Кайнар: 27.
- 4 Жаркова, С.В., Малыхина, О.В., Шишкина, Е.В. (2018). Сорта лука-шалота для условий юга Западной Сибири. *Овощи России*, 5(43), 51–53.
- 5 Гринберг, Е.Г., Ванина, Л.А., Сузан, В.Г. (2007). *Лук шалот в Сибири и на Урале: рекомендации*. Новосибирск: 24.
- 6 Алпысбаева, В.О., Ибрагимова, Г.М. (2011). Шалот пиязы сортұлгілерін экологиялық сортсынақ көшеттігінде бағалау. *Жаршы*, 10(225), 40–43.
- 7 Гринберг, Е.Г., Жаркова, С.В., Ванина, Л.А., и др. (2009). *Научные основы интродукции, селекции и агротехники лука-шалота в Западной Сибири*. Новосибирск: 366
- 8 Есимсеитова, А.К., Какимжанова, А.А., Абдрахманова, А.Б., Токбергенова, Ж.А., Абдуллаева, Б.М. (2026). Создание и характеристика гибридных популяций томата как исходного материала для геномного картирования устойчивости к альтернариозу. *Евразийский агротехнический журнал*, 1(129), 77–89.
- 9 Tsagaye, D., Ali, A., Wegayehu, G., Gebretensay, F., Fufa, N. et al. (2021). Evaluation of true seed shallot varieties for yield and yield components. *American Journal of Plant Biology*, 6(1), 19–22. DOI: 10.11648/j.ajpb.20210601.13.
- 10 Тагаев, А., Сманов, А., Толеков, А. (2025). Способы повышения эффективности орошаемых земель. *Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты*, 1(105), 490–497. DOI: 10.37884/1-2025/52.
- 11 *Государственный реестр селекционных достижений, рекомендованных к использованию в Республике Казахстан*. (2025). Астана: 146.
- 12 Askari, Y., Heidarpour, N., Khazaei, M., Rahimi, A., Habibi, Z. (2024). Evaluation of different shallot ecotypes cultivation performance for biodiversity enhancement. *Journal of Wildlife and Biodiversity*, 9(3), 80–93. DOI: 10.5281/zenodo.17381595.
- 13 *Методические указания по селекции луковых культур*. (1997). Москва: 122.
- 14 UPOV. (1976). *International Union for the Protection of New Varieties of Plants*. TG 46/3. Onion (*Allium cepa* L.) Germany: 11–14.

15 Доспехов, Б.А. (1985). *Методика полевого опыта*. Москва: 350.

References

- 1 Pivovarov, V.F. (2006). *Ovoshhi Rossii*. Moskva: 384. [in Russ].
- 2 Vodyanova, O.S. (2007). *Luki*. A.O. “Baspalar Uii”: 278. [in Russ].
- 3 Alpysbayeva, V.O., Ibragimova, G.M. (2012). *Luk shalot v Kazahstane: rekomendacii*. Kainar: 27.
- 4 Zharkova, S.V., Malykhina, O.V., Shishkina, E.V. (2018). Sorta luka shalota dlya uslovii juga Zapadnoi Sibiri. *Ovoshhi Rossii*, 5(43), 51–53. [in Russ].
- 5 Grinberg, E.G., Vanina, L.A., Suzan, V.G. (2007). *Luk shalot v Sibiri i na Urale: rekomendacii*. Novosibirsk: 24. [in Russ].
- 6 Alpysbayeva, V.O., Ibragimova, G.M. (2011). Shalot piyazy sortúlgilerin ekologialyq sortsynaq kóshettiginde baǵalaý. *Jarshy*, 10(225), 40–43. [in Kaz].
- 7 Grinberg, E.G., Zharkova, S.V., Vanina, L.A., et al. (2009). *Nauchnye osnovy introdukcii, selekcii i agrotehniki luka-shalota v Zapadnoij Sibiri*. Novosibirsk: 366 [in Russ].
- 8 Yessimseitova, A.K., Kakimzhanova, A.A., Абдрахманова А.Б., Tokbergenova, Z.A., Abdullaeva, B.M. (2026). Sozdanie i harakteristika gibridnyh populjacji tomata kak ishodnogo materiala dlyya genomnogo kartirovaniya ustoichivosti k al'ternariozu. *Eurasian Agrotechnical Journal*, 1(129), 77–89. [in Russ].
- 9 Tsagaye, D., Ali, A., Wegayehu, G., Gebretensay, F., Fufa, N. et al. (2021). Evaluation of true seed shallot varieties for yield and yield components. *American Journal of Plant Biology*, 6(1), 19–22. DOI: 10.11648/j.ajpb.20210601.13.
- 10 Tagayev, A., Smanov, A., Tolekov, A. (2025). Sposoby povysheniya effektivnosti oroshaemyh zemel'. *Izdenister, nátiyeler– Issledovaniya, rezul'taty*, 1(105), 490–497. DOI: 10.37884/1-2025/52. [in Russ].
- 11 Gosudarstvennyi reestr selekcionnyh dostizhenii, rekomendovannyh k ispol'zovaniju v Respublike Kazahstan. (2025). Astana: 146. [in Russ].
- 12 Askari, Y., Heidarpour, N., Khazaei, M., Rahimi, A., Habibi, Z. (2025). Evaluation of different shallot ecotypes cultivation performance for biodiversity enhancement. *Journal of Wildlife and Biodiversity*, 9(3), 80-93. DOI: 10.5281/zenodo.17381595.
- 13 Metodicheskie ukazaniya po selekcii lukovyh kul'tur. (1997). Moskva: 122. [in Russ].
- 14 UPOV. (1976). *International Union for the Protection of New Varieties of Plants*. TG 46/3. Onion (*Allium cepa* L.) Germany: 11–14.
- 15 Dospekhov, B.A. (1985). *Metodika polevogo opyta*. Moskva: 350. [in Russ].

Оңтүстік-шығыс Қазақстан жағдайында пияз-шалот (*Allium ascalonicum* L.) сорттарының өнімділігі

Ибрагимова Г.М., Нусупова А.О., Кошмагамбетова М.Ж.
Мавлянова Р.Ф.

Түйін

Алғышарттар мен мақсат. Шалот пиязы (*Allium ascalonicum* L.) жоғары дәмдік қасиеттерімен, тағамдық құндылығымен және шаруашылық маңыздылығымен ерекшеленетін бағалы көкөніс дақылы болып табылады. Қазақстанның оңтүстік-шығыс аймағында тұрақты өнім қалыптастыра алатын, топырақ-климаттық жағдайға бейімделген әрі жоғары өнімді сортұлгілерді іріктеу өзекті мәселе болып саналады. Зерттеудің мақсаты – селекциялық жұмыстар мен өндірісте пайдалану үшін шаруашылық-құнды белгілер кешені бойынша болашағы зор шалот пиязы үлгілерін анықтау.

Материалдар мен әдістер. Зерттеулер Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы агроклиматтық жағдайларда «Қазақ жеміс-көкөніс шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты» ЖШС «Қайнар» аймақтық филиалында жүргізілді. Зерттеу нысаны ретінде шалот пиязының 10 сортұлгісі алынды.

Бағалау морфологиялық, биометриялық және шаруашылық-құнды көрсеткіштер бойынша жүргізілді, оның ішінде өнімділік, пиязшықтардың орташа массасы, ұядағы пиязшық саны және өнімнің тауарлылығы есепке алынды.

Нәтижелер. Зерттеу барысында шаруашылық-құнды белгілер бойынша сортүлгілер арасында елеулі айырмашылықтар анықталды. Ең жоғары өнімділік К-157 үлгісінде байқалып, 31,1 т/га құрады. Бұл үлгі жоғары ұялылығымен де ерекшеленді – бір ұяда 8–9 пиязшық қалыптастырды. П-40 үлгісі құнды белгілер жиынтығы бойынша ерекшеленді: өнімділігі 29,3 т/га, пиязшықтың орташа массасы 45,4 г, өнімнің тауарлылығы 92,8% болды. Зерттелген үлгілер пиязшық мөлшері, өнімділігі және аймақ жағдайларына бейімделу деңгейі бойынша ерекшеленді.

Қорытынды. Зерттеу нәтижесінде Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы агроклиматтық жағдайларға бейімделген болашағы зор шалот пиязы сортүлгілері анықталды. К-157 және П-40 үлгілері селекциялық жұмыстарда және жоғары өнімді сорттарды шығаруда пайдалану үшін ұсынылады.

Кілт сөздер: сортүлгі; стандарт; шалот лук; өнімділік; іріктеу.

Productivity of shallot onion (*Allium ascalonicum* L.) Accessions in the agroclimatic conditions of Southeastern Kazakhstan

Ibragimova G.M., Nussupova A.O., Koshmagambetova M.Zh.
Mavlyanova R.F.

Abstract

Background and Aim. Shallot (*Allium ascalonicum* L.) is an economically important vegetable crop valued by high nutritional value and distinctive flavor characteristics. In the south-eastern region of Kazakhstan, the identification and selection of adapted high-yielding accessions capable of producing stable yields are of particular importance. This study aimed to identify promising shallot accessions based on a complex of economically valuable traits for further use in breeding programs and commercial production.

Materials and Methods. The research was conducted at the Kainar Regional Branch of the Kazakh Research Institute of Fruit and Vegetable Growing under the agro-climatic conditions of south-eastern Kazakhstan. Ten shallot accessions were evaluated. The assessment was based on morphological, biometric, and agronomic characteristics, including yield, average bulb weight, number of bulbs per nest, and marketable yield.

Results. Significant differences were observed among the studied accessions in the main economically valuable traits. The highest yield was recorded for accession K-157, reaching 31.1 t/ha. This accession was also characterized by high nesting ability, producing 8–9 bulbs per nest. Accession P-40 demonstrated a valuable combination of traits, with a yield of 29.3 t/ha, an average bulb weight of 45.4 g, and marketability of 92.8%. The studied accessions differed in bulb size, productivity, and adaptability to local environmental conditions.

Conclusion. The study identified promising shallot accessions adapted to the agro-climatic conditions of south-eastern Kazakhstan. Accessions K-157 and P-40 are recommended for further use in breeding programs and in the development of high-yielding shallot cultivars.

Keywords: accession; standard; shallot onion; yield; selection.

Как цитировать: Тен Е.А., Ошергина И.П., Пестова Д.М., Хасанова Г.Ж. (2026). Комплексная оценка исходного материала чечевицы (*Lens culinaris medik.*) крупносеменной группы по признакам экологической пластичности, стабильности и устойчивости к стрессовым факторам в условиях Северного Казахстана. *Евразийский агротехнический журнал*, 2(130), 252-266. DOI: [https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2\(130\).2242](https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2(130).2242)

УДК 633.351:631.524.85

Исследовательская статья

Комплексная оценка исходного материала чечевицы (*Lens culinaris medik.*) крупносеменной группы по признакам экологической пластичности, стабильности и устойчивости к стрессовым факторам в условиях Северного Казахстана

Тен Е.А.¹ , Ошергина И.П.¹ , Пестова Д.М.¹ , Хасанова Г.Ж.² 

¹Научно-производственный центр зернового хозяйства имени А.И. Бараева
Акмолинская область, п. Научный, Казахстан

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

Автор-корреспондент: Тен Е.А.: jekon_t87.07@mail.ru

Соавторы: (1: ОИ): egoriha76@mail.ru , (2: ПД): Peestov_a@mail.ru

(3: ХГ): g.hasanova@kazatu.edu.kz

Получено: 20.05.2026 **Принято:** 30.06.2026 **Опубликовано:** 30.06.2026

Авторские права: Тен Е.А. и др. Данная статья размещена в открытом доступе и распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Аннотация

Предпосылки и цель. В условиях усиливающейся климатической нестабильности сухостепной зоны Северного Казахстана возрастает необходимость селекции чечевицы, сочетающей высокую продуктивность с адаптивностью к контрастным гидротермическим условиям. Целью исследования являлась комплексная оценка коллекционных образцов крупносеменной чечевицы по урожайности, экологической пластичности, стабильности и устойчивости к абиотическим стрессам с целью выявления перспективных источников хозяйственно ценных признаков для селекции сортов, адаптированных к условиям Северного Казахстана.

Материалы и методы. Исследования проводились в 2021–2025 гг. и включали комплексную оценку 38 коллекционных образцов крупносеменной чечевицы, изученных в условиях южно-карбонатных чернозёмов Северного Казахстана при резкой межгодовой изменчивости погодных условий. Оценка адаптивных параметров проводили с использованием регрессионного анализа по методике Eberhart–Russell и расчёта стрессовых индексов (STI, TOL). Статистическая обработка данных выполнена общепринятыми методами.

Результаты. Установлено, что все отобранные образцы превосходят стандарт Шырайлы по селекционному индексу на 24,3–60,3%. Выделены высокопластичные формы интенсивного типа (К-2721, К-2706) и стабильные образцы (Centinela, К-2717, Е-140), характеризующиеся устойчивой реализацией урожайного потенциала в контрастных условиях увлажнения. Анализ коэффициентов детерминации показал, что число семян с растения является ключевым предиктором урожайности, объясняя 33,64% её вариации.

Закключение. Полученные результаты обосновывают возможность целенаправленного отбора адаптивных генотипов чечевицы для селекционных программ, ориентированных на создание сортов с высокой потенциальной продуктивностью и устойчивостью к абиотическим стрессам в условиях Северного Казахстана.

Ключевые слова: чечевица; адаптивность; пластичность; стабильность; стрессоустойчивость; урожайность.

Введение

Чечевица (*Lens culinaris Medik.*) является значимой культурой в системах устойчивого земледелия, что обусловлено высоким содержанием белка с благоприятным аминокислотным составом, способностью к биологической фиксации азота и положительным влиянием на агроэкологические показатели в севооборотах [1]. В современных агропромышленных системах, особенно в регионах с дефицитом влаги и выраженной климатической изменчивостью, агрономическая и экономическая значимость чечевицы возрастает [2, 3].

Абиотические стрессы выступают основным лимитирующим фактором продуктивности и урожайности зернобобовых культур [4, 5]. Под воздействием неблагоприятных факторов окружающей среды нарушаются процессы роста и развития растений на физиологическом, биохимическом и молекулярном уровнях. Чечевица также подвержена негативному влиянию широкого спектра абиотических стресс-факторов, включая засуху [6], переувлажнение [7], высокотемпературный стресс [8, 9], низкие температуры [10], засоление [11, 12, 13], щелочность [14], наличие тяжелых металлов в почве [15, 16], дефицит [17] и токсичность элементов минерального питания [18]. В северных регионах с резко континентальным климатом культура сталкивается с комплексом стрессоров: нерегулярным и недостаточным выпадением осадков, заморозками, экстремальными температурами, что создаёт дополнительные ограничения для стабильности и продуктивности посевов [19, 20]. В этих условиях возрастает важность изучения селекционного материала по признакам экологической пластичности, стрессоустойчивости и стабильности, поскольку эффективность селекционных программ и производственная надёжность сортов напрямую зависят от их адаптации к варьирующим условиям среды [21, 22].

Концепции экологической пластичности и стабильности являются фундаментальными для селекции, ориентированной на изменчивые агроклиматические условия. Анализ взаимодействия «генотип × среда» ($G \times E$) составляет основу для идентификации образцов, сочетающих высокую продуктивность с широкой адаптивностью или специфической адаптацией к целевым условиям [23, 24]. Для характеристики адаптивного потенциала генотипов широко применяются методы анализа взаимодействия «генотип × среда», позволяющие выявлять образцы с высокой продуктивностью и устойчивой реализацией урожайного потенциала в различных условиях выращивания. К числу наиболее распространённых относятся метод аддитивных главных эффектов и мультипликативного взаимодействия (Additive Main Effects and Multiplicative Interaction, AMMI), графический анализ взаимодействия «генотип × среда» (Genotype and Genotype × Environment Interaction Biplot, GGE biplot), индекс отбора по урожайности (Kang's Yield-Stability Index, KSYI), а также ряд параметров и индексов стабильности [25, 26].

Для условий Северного Казахстана особую актуальность приобретает выявление генотипов, способных сохранять высокую продуктивность в контрастных погодных условиях. Региональные исследования подтверждают наличие перспективных образцов чечевицы, однако их комплексная характеристика по параметрам экологической пластичности, стабильности и стрессоустойчивости остаётся недостаточной. Это обуславливает необходимость проведения многолетних полевых исследований, направленных на выделение источников адаптивности для селекционных программ [27, 28]. Перспективным направлением повышения эффективности такого отбора является интеграция данных по морфофизиологическим признакам, ассоциированным с устойчивостью растений к абиотическим стрессовым факторам (прежде всего засухе и высоким температурам), что позволяет более обоснованно выделять исходный материал для селекции [30].

Несмотря на значительное количество исследований по экологической пластичности чечевицы, большинство из них выполнено в условиях Средиземноморья, Южной Азии и Ближнего Востока. Для резко континентального климата Северного Казахстана сведения о комплексной оценке крупносеменной чечевицы по параметрам пластичности, стабильности и стрессоустойчивости остаются ограниченными.

В связи с этим выявление генотипов, сочетающих высокую продуктивность с адаптивностью к контрастным гидротермическим условиям, является актуальной задачей современной селекции.

Таким образом, целью настоящего исследования являлось выявление коллекционных образцов крупносеменной чечевицы, сочетающих высокую продуктивность, экологическую пластичность, стабильность и устойчивость к абиотическим стрессам, для использования в селекции сортов, адаптированных к условиям Северного Казахстана.

Материалы и методы

Полевые исследования проводились на опытных делянках ТОО «Научно-производственный центр зернового хозяйства имени А.И. Бараева» (НПЦЗХ им. А.И. Бараева) в 2021–2025 гг. Селекционные посевы расположены в точке с координатами 51°40'38" с. ш., 71°00'58" в. д.; абсолютная высота – 357 м над уровнем моря [31]. В качестве испытуемого материала взяты коллекционные образцы чечевицы крупносеменной группы в количестве 38 образцов. За сорт стандарт принят местный крупносеменной сорт, районированный в Акмолинской области – Шырайлы.

Преобладающим типом почв в регионе изучения является южно-карбонатный чернозём. Согласно агрохимической паспортизации опытных участков Центра, содержание органического вещества варьирует в пределах 3,4–3,7%, подвижного фосфора – 0,1–0,15%, обменного калия – 8–14 мг/кг, нитратного азота – 4–15 мг/кг. Концентрации микроэлементов составляют: бор – 0,7 мг/кг, молибден – 0,2 мг/кг, марганец – около 20 мг/кг, цинк – 0,8 мг/кг, медь – 0,2 мг/кг. Реакция почвенной среды (рН водной вытяжки) колеблется в пределах 7,2–7,8. Плотность почвы составляет 1,0–1,2 г/см³ при порозности 50–55% и воздухоёмкости 25–30% [32].

Закладка опытов осуществлялась в годы испытаний в конце второй, начале третьей декады мая, специализированной сеялкой секционно-фракционной конусной точного высева с семью сошниками (ССФК-7). Глубина заделки семян составляла $4,0 \pm 0,5$ см, при норме высева 200 шт./м². Поскольку все образцы высевались при одинаковой норме высева (200 семян/м²) и выращивались в одинаковых агротехнических условиях, влияние густоты стояния растений как отдельного фактора в настоящем исследовании не анализировали.

Фенологические наблюдения за развитием растений и учёт основных фаз роста проводились согласно методическим рекомендациям ВИР [33], нормативам Госкомиссии РК [34], а также руководству Международного центра сельскохозяйственных исследований в сухих районах (ICARDA).

Уборку проводили после достижения семенами полной физиологической зрелости при влажности зерна 14,5–15,0 %, соответствующей требованиям безопасной уборки и последующего хранения селекционным комбайном Wintersteiger Classic Plus.

Статистическая обработка выполнялась методом однофакторного дисперсионного анализа, а также с применением интегральной оценки по Доспехову Б.А. [35]. Дополнительно использовались программные средства Microsoft Excel и программного пакета IBM Statistical Package for the Social Sciences (IBM SPSS Statistics, версия 23.0). Расчёт показателей экологической пластичности и стабильности чечевицы осуществлялся в соответствии с методикой *S.A. Eberhart* и *W.A. Russel* [36].

Расчёт интегральных показателей проводили по следующим формулам:

Индекс засухоустойчивости (STI) рассчитан по формуле (1):

$$STI = (Y_p \times Y_s) / (\bar{Y}_p^2), \quad (1)$$

где: Y_p – урожайность исследуемого образца в благоприятных (без стрессовых воздействий) условиях, г/м²; Y_s – урожайность исследуемого образца в стрессовых (засушливых) условиях, г/м²; $\bar{Y}_p$ – средняя урожайность всех изученных образцов в благоприятных условиях, г/м².

Толерантность к засухе (TOL) рассчитан по формуле (2):

$$TOL = Y_p - Y_s, \quad (2)$$

где: Y_p – урожайность исследуемого образца в благоприятных условиях, г/м²; Y_s – урожайность исследуемого образца в стрессовых условиях, г/м².

Индекс урожайности при стрессе (K1SYI) рассчитан по формуле (3):

$$K1SYI = Y_s \div \bar{Y}_s, \quad (3)$$

где: Y_s – урожайность исследуемого образца в условиях засухи; $\bar{Y}_s$ – средняя урожайность всех образцов в засухе.

Индекс урожайности без стресса (K2SYI) рассчитан по формуле (4):

$$K2SYI = Y_{ns} \div \bar{Y}_{ns}, \quad (4)$$

где: Y_{ns} - урожайность сортообразца в нормальных условиях; $\bar{Y}_{ns}$ - средняя урожайность всех исследуемых образцов в благоприятных условиях (без стресса), г/м²

Селекционный индекс (SI) рассчитан по формуле (5):

$$SI = W1 \times Yield + W2 \times 1/\sigma d^2 + W3 \times bi + W4 \times Mass\ 1000 + W5 \times Seeds_per_plant + W6 \times Root\ Proxy, \quad (5)$$

где: Yield – урожайность образца, г/м²; Z – стандартизированное значение признака (Z-преобразование); W1–W6 - весовые коэффициенты отдельных признаков; $1/\sigma d^2$ – показатель стабильности; bi – коэффициент экологической пластичности; Mass 1000 – масса 1000 зёрен, г; Seeds per plant – число семян с одного растения, шт.; Root Proxy – показатель развития растения (масса сухого растения), используемый как косвенная характеристика биомассы.

Результаты

В условиях значительной межгодовой изменчивости гидротермических параметров особое значение приобретают показатели экологической пластичности, стабильности урожайности и устойчивости к абиотическим стрессам.

Анализ среднемесячных температур и осадков за 2021-2025 гг. выявил выраженную межгодовую контрастность условий вегетации (рисунок 1).

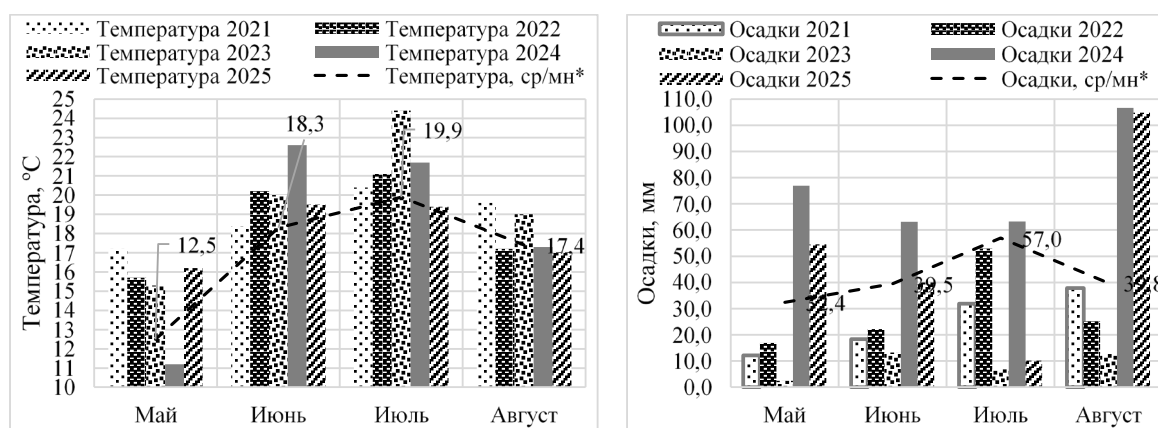


Рисунок 1 – Динамика среднемесячной температуры воздуха (°C) и количества осадков (мм) за вегетационный период 2021-2025 гг.

(по данным НПЦЗХ им. А.И. Бараева, *ср/мн – среднее многолетнее значение)

Гидротермические условия вегетационных периодов 2021–2025 гг. характеризовались высокой межгодовой контрастностью и формировали широкий диапазон факторов среды для оценки изучаемых параметров. Среднемесячная температура воздуха в отдельные месяцы вегетационного периода изменялась от 11,2 °C (май 2024 г.) до 24,4 °C (июль 2023 г.), тогда как количество осадков варьировало от 2,5 мм (май 2023 г.) до 106,6 мм (август 2024 г.).

В 2021 год вегетация проходила при умеренном тепловом обеспечении и локальном дефиците влаги: температура составляла 17,2–20,4 °C, количество осадков от 12,1 до 37,8 мм. Недостаток влаги в мае частично компенсировался последующим увлажнением, при осадках ниже среднемноголетних значений (32,4–57,0 мм).

2022 год был засушливым и стрессовым: температуры превышали среднемноголетнюю норму, а суммарные осадки в июне и августе составляли 22,2–52,9 мм, что на 30-60% ниже нормы, а в августе осадки снижались до 25,2 мм. Эти условия формировали устойчивый водный

дефицит, значимый для выявления образцов с повышенной устойчивостью и стабильностью (STI, TOL) при длительной засухе.

В 2023 году зафиксирован температурный максимум при выраженном дефиците влаги в начальный период вегетации. Температуры варьировали от 15,3 °C в мае до 24,4 °C в июле, при крайне низких осадках: 2,5 мм в мае, 13,2 мм в июне и 6,8 мм в июле. Сформировавшиеся условия характеризовали вегетационный период как острозасушливый и позволили оценить реакцию генотипов на дефицит влаги в течение большей части вегетации.

2024 год отличался благоприятным сочетанием тепла и влаги: температура изменялась от 11,2 °C в мае до 22,6 °C в июне, осадки в июле и августе составляли 57 и 106,6 мм, что в 3–4 раза превышало показатели засушливых лет. Избыточное увлажнение в период созревания способствовало возобновлению роста растений и формированию новых генеративных органов на поздно образовавшихся побегах, что осложняло созревание и снижало технологические качества урожая.

В 2025 году гидротермические условия были близки к среднемноголетним и оценивались как умеренно влажные и термически сбалансированные. Среднемесячная температура составляла 16,2–19,4 °C, количество осадков – от 54,6 мм в мае до 63,3 мм в июле, что обеспечивало оптимальную влагообеспеченность и благоприятные условия для роста, развития растений и формирования урожая.

Вегетационные периоды 2021–2025 гг. характеризовались высокой контрастностью гидротермических условий, что отразилось на величине изучаемых показателей.

На рисунке 2 приведены данные по продолжительности вегетационного периода коллекционных образцов чечевицы за 2021–2025 гг. Вегетационный период разделён на: всходы – цветение и всходы – созревание, что позволяет сравнивать образцы по скорости прохождения отдельных этапов онтогенеза по годам.

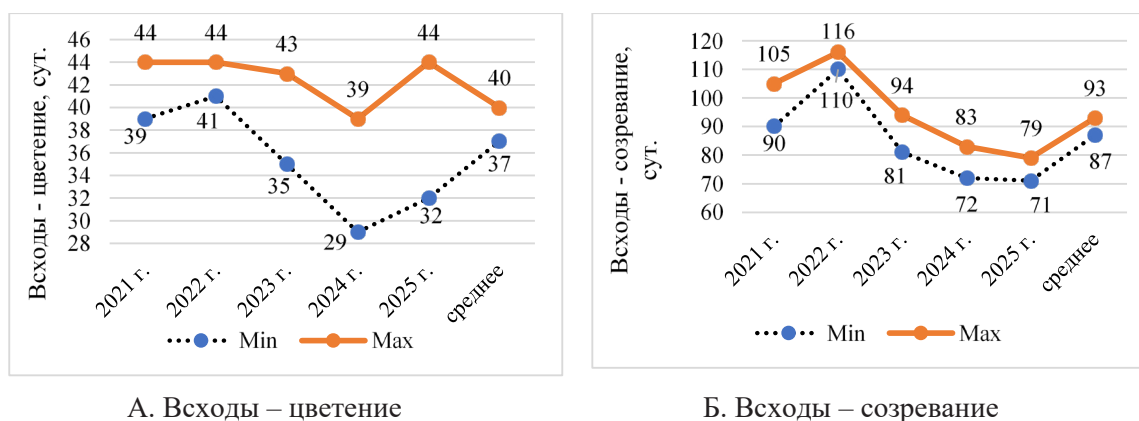


Рисунок 2 – Продолжительность периодов всходы – цветение и всходы – созревание у коллекционных образцов крупносеменной чечевицы

Продолжительность периода всходы – цветение в среднем по коллекции чечевицы составляла 37–41 сут. Наиболее короткие значения отмечены у образцов Пензенская 14-581 (37 сут.), Чернушерсса Золушка (37 сут.), Красноградская 19 (38 сут.) и Шырайлы (стандарт) – 38 сут. У позднеспелых образцов данный показатель достигал 40 сут. и более (Веховская 1, Джанша, Centinela).

Период всходы – созревание характеризовался большей изменчивостью. Средние значения по образцам находились в диапазоне 87–93 сут., минимальные – 71–72 сут. (Siluma Inta – 72 сут. в 2024 г.; Нива 95–72 сут. в 2025 г.; Пензенская 14 – 581–87 сут.). Максимальная продолжительность периода составляла 115–116 сут. у образцов K-1084, 89ZPR-8, LC 460053 и у стандарта в отдельные годы.

Для наглядной оценки экологической пластичности и стабильности морфологических признаков у перспективных образцов чечевицы представлены графики многолетней динамики высоты растений и высоты прикрепления нижнего боба (рисунок 3).

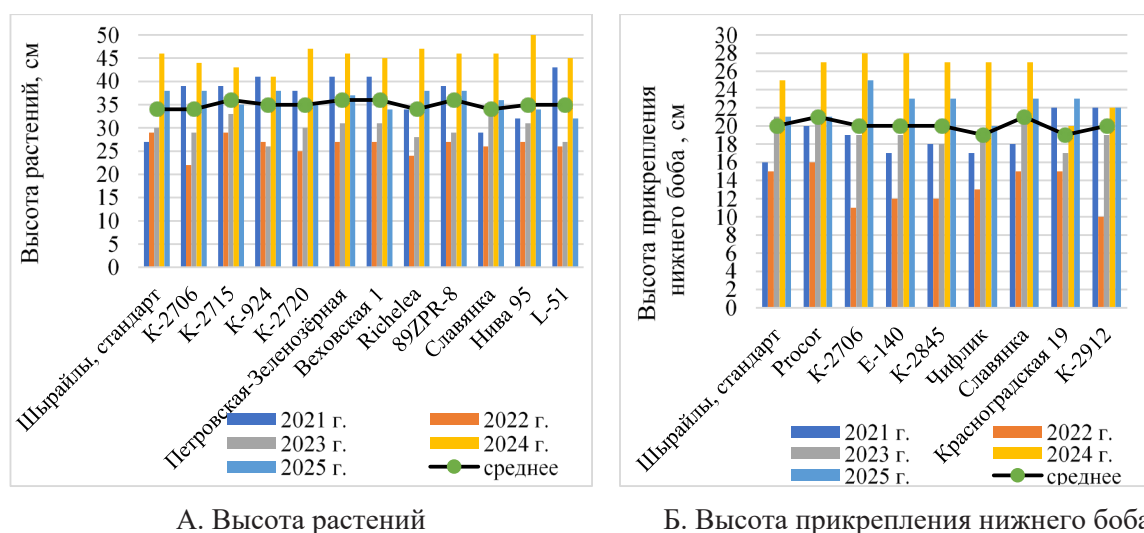


Рисунок 3 – Динамика высоты растений и высоты прикрепления нижнего боба у выделенных коллекционных образцов чечевицы крупносеменной группы

Высота растений в среднем по коллекции составила 29–36 см при выраженной межгодовой вариации (19–52 см), обусловленной различиями погодных условий. Наиболее стабильные и высокие значения (35–36 см) отмечены у образцов K-2715, Петровская-Зеленозёрная, Веховская 1, 89ZPR-8, Нива 95, L-51, K-924 и K-2720, а также Пензенская 14–581 и Grinland. Стандарт Шырайлы (34 см) занимает среднее положение и уступает ряду выделенных образцов.

Высота прикрепления нижнего боба в среднем варьировала от 16 до 21 см (от 4 до 28 см по годам). Наиболее высокие и устойчивые значения (20–21 см), установлены у Procor, Славянка, Шырайлы, K-2706, E-140, Нива 95, K-2912 и K-2845, а также Красноградская 19.

По совокупности изученных признаков образцы K-2715, Петровская-Зеленозёрная, Нива 95, Procor, Славянка, 89ZPR-8, K-2912, K-924 и E-140 характеризовались наиболее высокими значениями высоты растений и высоты прикрепления нижнего боба.

Как показано на рисунке 4, анализ элементов структуры урожая за 2021–2025 гг. выявил значительную вариабельность признаков среди изучаемых образцов.

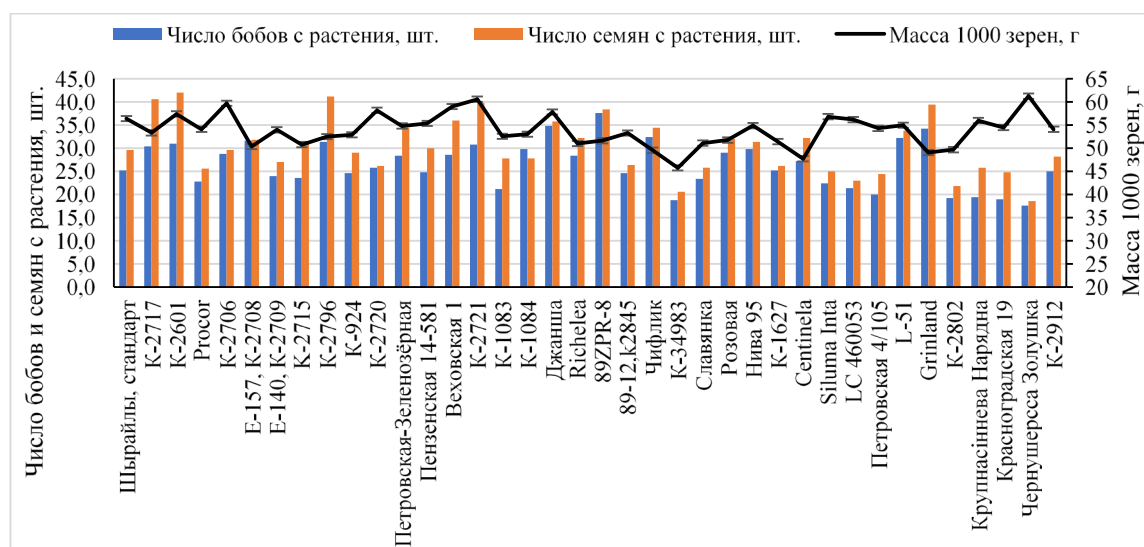


Рисунок 4 – Сравнительная характеристика элементов продуктивности исследуемых коллекционных образцов (среднее за 2021-2025 гг.)

Сорт Шырайлы (стандарт) характеризуется умеренными показателями – число семян составляет 30 шт. с растения, при массе 1000 зёрен – 56 г. В группе выделившихся образцов по числу семян с растения (свыше 35–40 шт.) выделяются образцы К-2717, К-2601, К-2796, Веховская 1, 89ZPR-8, L-51 и Grinland, что превышает стандарт на 16,7 – 33,0 % и свидетельствует о высокой потенциальной семенной продуктивности. Высокое число семян с растения у образцов Джанша, Чифлик и Нива 95 (до 35 шт.). Согласно данным исследования, масса 1000 зёрен достигает высоких значений (более 60 г) у крупносеменных образцов К-2721 и Чернушерсса Золушка, а также вплотную приближается к этому порогу образцы К-2706, К-1084 и К-2802. Стабильное сочетание крупности зерна (55–58 г) и оптимального количества бобов демонстрируют образцы К-2720, Centinela, Siluma Inta, LC 460053 и К-1627. Минимальные показатели массы 1000 зёрен (46–48 г) отмечены у К-34983 и Славянка.

На основе анализа данных, приведенных в таблице 1, была проведена комплексная оценка параметров адаптивности и стрессоустойчивости у выделенных образцов в сравнении со стандартом.

Таблица 1 – Оценка параметров экологической пластичности, стабильности и стрессоустойчивости выделенных коллекционных образцов по урожайности

Название образца / сорта	Урожайность, г/м ²					bi	σd ²	STI	TOL	K1SYI	K2SYI	SI
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.							
Шырайлы, стандарт	92,5	85,6	50,6	210,1	176,6	0,94	374,5	3,9	159,5	1,9	4,0	100,0
К-2717	118,0	118,8	130,3	257,1	248,3	0,99	552,1	12,4	126,8	4,9	4,9	141,7
К-2601	94,2	99,4	142,9	260,3	219,4	0,96	1336,7	13,7	117,4	5,4	5,0	132,6
Procor	98,2	83,1	86,9	286,0	215,0	1,28	721,9	9,2	199,1	3,3	5,5	124,9
К-2706	80,5	118,8	66,9	277,1	251,7	1,33	1686,5	6,8	210,2	2,5	5,3	129,2
Е-140	92,3	136,9	162,9	228,6	238,3	0,70	1940,9	13,7	65,7	6,2	4,4	139,6
К-2796	142,0	50,6	102,9	285,7	188,3	1,21	1332,5	10,8	182,8	3,9	5,5	125,0
Пензенская 14-581	104,0	123,3	65,7	230,3	241,7	1,05	1155,3	5,6	164,6	2,5	4,4	124,3
К-2721	204,0	29,4	65,1	277,1	222,2	1,40	2607,4	6,7	212,0	2,5	5,3	129,7
Centinela	120,5	321,3	108,6	228,0	208,3	0,10	9997,9	9,1	119,4	4,1	4,4	160,3
НСП05	24,2	35,1	16,8	6,5	9,8	-	-	-	-	-	-	-
Ij	-21,43	-65,94	-59,12	82,74	63,74	-	-	-	-	-	-	-
V, %	30,25	53,74	43,31	22,35	22,97	-	-	-	-	-	-	-

Примечание: пластичность (bi), стабильность (σd²), селекционный индекс (SI), индекс засухоустойчивости (STI), толерантность к засухе (TOL), индекс урожайности при стрессе (K1SYI), индекс урожайности без стресса (K2SYI), индекс среды (Ij).

Динамика индекса среды (Ij) подтверждает существенную вариабельность погодных условий в период 2021–2025 гг. Так, наиболее благоприятным для формирования урожая стал 2024 г. (Ij = 82,74), тогда как 2022 г. характеризовался минимальным значением индекса среды (Ij = -65,94). Для образца Centinela значения показателей составили: SI = 160,3; bi = 0,10; σd² = 9997,9. Параллельно с этим, образец К-2717 выделяется как наиболее сбалансированный генотип интенсивного типа (bi = 0,99), демонстрирующий при средней урожайности значительно выше стандарта лучшую стабильность среди выделенных образцов (σd² = 552,1) и высокий индекс засухоустойчивости (STI = 12,4).

Аналогично высокие показатели стрессоустойчивости (STI = 13,7) зафиксированы у Е-140 и К-2601, при этом Е-140 проявляет себя как менее пластичный образец (bi = 0,70) с минимальным уровнем толерантности к стрессу (TOL = 65,7). В то же время К-2601 с пластичностью (bi) 0,96 эффективнее реализует потенциал в благоприятные периоды, достигая урожайности 260,3 г/м² в 2024 году.

Образцы К-2721 и К-2706 характеризовались коэффициентом пластичности bi = 1,40 и 1,33 соответственно.

Дополнительно стоит отметить образцы Просог и К-2796, которые за счет высокой отзывчивости на внешние условия ($b_i = 1,28$ и $1,21$ соответственно) существенно превзошли стандарт Шырайлы по селекционному индексу (SI), достигнув значений в 124,9–125,0. Образец Просог показал один из лучших результатов в опыте – 286,0 г/м². Образец Пензенская 14-581, сочетает в себе умеренную пластичность ($b_i = 1,05$) со стабильным превышением показателей стандарта практически во все годы испытаний при среднем селекционном индексе (SI) = 124,3.

Все выделенные образцы превышали сорт Шырайлы по селекционному индексу на 24,3–60,3 %.

С целью установления закономерностей формирования продуктивности нами изучена система корреляционных связей между основными показателями (таблица 2).

Таблица 2 – Коэффициенты корреляции между хозяйственно-ценными признаками и урожайностью чечевицы (по Пирсону)

Признаки	Всходы-цветение	Цветение-созревание	Урожайность	Масса сухого растения	Число ветвей	Высота растения	ВПНБ ¹	Число бобов с растения	Число семян с растения	Масса семян с растения	Масса 1000 зерен
Всходы-цветение	1,00										
Цветение-созревание	0,25	1,00									
Урожайность	0,05	-0,26	1,00								
Масса сухого растения	0,00	-0,04	0,46**	1,00							
Число ветвей	-0,23	-0,04	0,22	0,31	1,00						
Высота растения	0,16	-0,27	0,21	0,35*	0,28	1,00					
ВПНБ	0,30	0,11	-0,10	-0,29	-0,19	0,09	1,00				
Число бобов с растения	0,26	-0,29	0,39*	0,43**	0,04	0,41*	-0,11	1,00			
Число семян с растения	0,14	-0,33*	0,58**	0,66**	0,17	0,40*	-0,31	0,85**	1,00		
Масса семян с растения	0,24	-0,32*	0,45**	0,63**	0,12	0,43**	-0,21	0,79**	0,81**	1,00	
Масса 1000 зерен	-0,11	-0,13	-0,02	0,27	-0,07	0,09	-0,04	0,01	0,05	0,39*	1,00

Примечание: * - Корреляция значима на уровне 0,05.

** - Корреляция значима на уровне 0,01.

¹ВПНБ – высота прикрепления нижнего боба.

Представленная корреляционная матрица отражает степень сопряженности ключевых биометрических и хозяйственно-ценных признаков культуры, выявляя статистически значимые зависимости между параметрами продуктивности и морфофизиологическими характеристиками.

Между урожайностью и числом семян с растения установлена средняя положительная связь ($r = 0,58$ при $p < 0,01$), а также массой сухого растения ($r = 0,46$) и массой семян с растения ($r = 0,45$). Структурные элементы урожая демонстрируют высокую взаимную корреляцию – число бобов тесно сопряжено с числом семян с растения ($r = 0,85$) и их массой ($r = 0,79$).

Высота растения проявляет умеренную положительную связь с массой семян с растения ($r = 0,43$) и числом бобов с растения ($r = 0,41$). Отрицательная корреляция установлена между продолжительностью периода цветение – созревание и числом семян ($r = -0,33$), а также массой семян с растения ($r = -0,32$). Параметр массы 1000 зёрен имеет среднюю связь только с массой семян с растения ($r = 0,39$).

При планировании селекционной стратегии важно учитывать не только наличие корреляции, но и реальный вклад каждого компонента в формирование урожая. В связи с этим, в таблице 3 представлены данные, характеризующие анализ коэффициентов детерминации, который позволяет количественно оценить степень влияния каждого изученного параметра на урожайность.

Таблица 3 – Оценка вклада морфологических и хозяйственно-ценных признаков в вариабельность урожайности на основе коэффициентов детерминации (R^2)

Признак	Корреляция (r)	Детерминация (R^2), %	Уровень значимости
Число семян с растения	0,58	33,64	$p < 0,01$
Масса сухого растения	0,46	21,16	$p < 0,01$
Масса семян с растения	0,45	20,25	$p < 0,01$
Число бобов с растения	0,39	15,21	$p < 0,05$
Продолжительность периода «цветение - созревание»	-0,26	6,76	-
Число ветвей	0,22	4,84	-
Высота растения	0,21	4,41	-
Высота прикрепления нижнего боба	-0,10	1,00	-
Продолжительность периода «всходы – цветение»	0,05	0,25	-
Масса 1000 зёрен	-0,02	0,04	-

Наибольший коэффициент детерминации установлен по признаку число семян с растения – 33,64% ($p < 0,01$), так же вес сухого растения – 21,16% и масса семян с растения – 20,25%.

Обсуждение

Полученные результаты свидетельствуют о значительном влиянии условий среды на реализацию продукционного потенциала крупносеменной чечевицы. Контрастность гидротермических условий в годы исследований позволила выявить существенные различия между генотипами по характеру реакции на изменение факторов среды. Аналогичная закономерность отмечена и в других исследованиях, где урожайность чечевицы определяется не только генетическими особенностями образцов, но и выраженностью взаимодействия «генотип × среда» [21, 23, 24].

Следует отметить, что густота стояния растений способна оказывать влияние на формирование отдельных элементов продуктивности, однако в настоящем исследовании данный фактор был максимально унифицирован за счёт одинаковой нормы высева и одинаковых условий выращивания.

Оценка экологической пластичности показала, что изученные образцы существенно различаются по типу адаптивной реакции. Образцы К-2721 и К-2706 характеризовались коэффициентом регрессии выше единицы, что свидетельствует об их высокой отзывчивости на улучшение условий выращивания и позволяет рассматривать их как генотипы интенсивного типа. Напротив, К-2717 и Е-140 отличались более стабильной реализацией урожайности в годы с различным уровнем увлажнения, что определяет их селекционную ценность как источников адаптивности. Выявленные различия позволяют использовать отдельные генотипы в селекционных программах в зависимости от поставленных задач: образцы с высоким числом семян – как источники продуктивности, а крупносеменные формы – для улучшения товарных качеств новых сортов.

Особый интерес представляет образец *Centinela*, сформировавший максимальное значение селекционного индекса. Несмотря на выраженную межгодовую изменчивость урожайности, он стабильно превосходил стандарт по совокупности изученных показателей, что свидетельствует о высоком потенциале его использования при создании сортов интенсивного типа.

Полученные данные по корреляционным связям согласуются с результатами других исследований, в которых основными компонентами урожайности чечевицы являются число бобов и число семян с растения. В наших условиях наиболее тесная связь с урожайностью установлена для числа семян с растения ($r = 0,58$), что подтверждается результатами анализа коэффициентов детерминации. Вклад данного признака в формирование урожайности составил

33,64 %, тогда как влияние массы 1000 зёрен оказалось минимальным. Отрицательная связь между продолжительностью периода «цветение – созревание» и семенной продуктивностью указывает на преимущества более скороспелых генотипов в условиях дефицита влаги, когда сокращение периода налива семян позволяет избежать воздействия высоких температур в конце вегетации. Это связано с тем, что увеличение продолжительности периода налива семян в условиях сухостепной зоны сопровождается более длительным воздействием высоких температур и дефицита влаги, что ограничивает накопление сухого вещества в семенах.

В целом, результаты исследования подтверждают перспективность комплексного подхода, объединяющего оценку урожайности, экологической пластичности, стабильности и стрессоустойчивости. Такой подход позволяет более обоснованно выделять источники хозяйственно ценных признаков и повышает эффективность отбора исходного материала для селекции адаптивных сортов чечевицы.

Заключение

Анализ данных за 2021-2025 гг., охватывающих контрастные по увлажнению годы, подтвердил возможность сочетания высокой потенциальной урожайности чечевицы с устойчивостью к абиотическим стрессам в условиях резко континентального климата Северного Казахстана. Установлено, что ключевым фактором формирования урожайности является количество семян с растения, определяющее 33,64% её вариации, тогда как вклад массы 1000 зёрен носит минимальный характер. Оценка адаптивности по коэффициентам регрессии и стрессовым индексам позволила выделить стабильные и высокопластичные образцы, представляющие наибольшую селекционную ценность. Сформированная группа перспективных генотипов может быть эффективно использована при создании сортов чечевицы, ориентированных на устойчивое производство и реализацию урожайного потенциала в условиях климатической нестабильности.

Вклад авторов

ТЕ, ОИ, ПД: организовали и провели полевые исследования в 2021-2025 гг., обеспечили закладку опытов, фенологические наблюдения и сбор первичных данных по урожайности и элементам структуры урожая.

ТЕ, ОИ: выполнили статистическую обработку экспериментальных данных, расчёт показателей экологической пластичности и стабильности (b_i , σ_d^2), стрессовых индексов (STI, TOL, K1SYI, K2SYI) и селекционного индекса (SI), провели интерпретацию результатов.

ТЕ, ОИ, ХГ: подготовили литературный обзор, обобщили результаты исследований, выполнили анализ взаимосвязей (корреляции и детерминации) и совместно подготовили рукопись статьи.

Все авторы прочитали, рассмотрели и одобрили окончательный вариант статьи.

Информация о финансировании

Работа выполнена в рамках программно-целевого финансирования Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан по бюджетной программе 267, BR22885414 «Создание и внедрение в производство высокопродуктивных сортов зернобобовых культур на основе методов современной биологии, разработка их сортовой технологии и первичного семеноводства».

Список литературы

- 1 Aghababaei, F., McClements, D.J., Pignitter, M., Hadidi, M. (2024). A comprehensive review of processing, functionality, and potential applications of lentil proteins in the food industry. *Adv. Colloid Interface Sci.*, 333, 103280. DOI: 10.1016/j.cis.2024.103280.
- 2 Vlachostergios, D.N., Noulas, C., Kargiotidou, A., Baxevanos, D., Tigka, E., Pankou, C., Kostoula, S., Beslemes, D., Irakli, M., Tziouvalekas, M. (2021). Identification of the optimum environments for the high and stable yield of lentil genotypes: a multi-location study. *Sustainability*, 13(15), 8247. DOI: 10.3390/su13158247.

- 3 Тен, Е.А., Ошергина, И.П., Казыдуб, Н.Г. (2025). Реакция коллекционных образцов мелкосемянной чечевицы (*Lens culinaris* Medik.) на абиотические стрессовые факторы. *Вестник Омского государственного аграрного университета*, 2(58), 19–33.
- 4 Jan, N., Rather, A. M.-U.-D., John, R., Chaturvedi, P., Ghatak, A., Weckwerth, W., Zargar, S.M., Mir, R.A., Khan, M.A., Mir, R.R. (2022). Proteomics for abiotic stresses in legumes: present status and future directions. *Crit. Rev. Biotechnol.*, 42, 1–20. DOI: 10.1080/07388551.2021.2025033.
- 5 Kaur, B., Sandhu, K.S., Kamal, R., Kaur, K., Singh, J., Röder, M.S., Muqaddasi, Q. H. (2021). Omics for the improvement of abiotic, biotic, and agronomic traits in major cereal crops. *Plants*, 10, 1989. DOI: 10.3390/plants10101989.
- 6 Idrissi, O., Udupa, S.M., Houasli, C., De Keyser, E., Van Damme, P., De Riek, J. (2015). Genetic diversity analysis of Moroccan lentil landraces using SSR and AFLP markers. *Plant Breed.*, 134, 322–332. DOI: 10.1111/pbr.12261.
- 7 Lake, L., Izzat, N., Kong, T., Sadras, V.O. (2021). High-throughput phenotyping of plant growth rate to screen for waterlogging tolerance in lentil. *J. Agron. Crop Sci.*, 207, 995–1005. DOI: 10.1111/jac.12522.
- 8 Choukri, H., Hejjaoui, K., El-Baouchi, A., El Haddad, N., Smouni, A., Maalouf, F., Thavarajah, D., Kumar, S. (2020). Heat and drought stress impact on phenology, grain yield, and nutritional quality of lentil. *Front. Nutr.*, 7, 596307. DOI: 10.3389/fnut.2020.596307.
- 9 El Haddad, N., Rajendran, K., Smouni, A., Es-Safi, N.E., Benbrahim, N., Mentag, R., Nayyar, H., Maalouf, F., Kumar, S. (2020). Screening the FIGS set of lentil germplasm for tolerance to terminal heat and drought–heat stress. *Agronomy*, 10, 1036. DOI: 10.3390/agronomy10071036.
- 10 Ghimire, N H., Mandal, H.N. (2019). Genetic variability, correlation and heritability of cold tolerance lentil genotypes. *Int. J. Adv. Res. Biol. Sci.*, 6, 1–10. DOI: 10.22192/ijarbs.
- 11 Fardus, J., Hossain, M.S., Fujita, M. (2021). Modulation of antioxidant defense by L-glutamic acid enhances salt tolerance in lentil. *Biomolecules*, 11, 587. DOI: 10.3390/biom11040587.
- 12 Singh, D., Singh, C.K., Tomar, R.S.S., Sharma, S., Karwa, S., Pal, M., Singh, V., Sanwal, S.K., Sharma, P.C. (2020). Genetics and molecular mapping for salinity stress tolerance in lentil. *Crop Sci.*, 60, 1254–1266. DOI: 10.1002/csc2.20030.
- 13 Yasir, T.A., Khan, A., Skalicky, M., Wasaya, A., Rehmani, M.I.A., Sarwar, N., Mubeen, K., Aziz, M., Hassan, M.M., Hassan, F.A. (2021). Sodium nitroprusside mitigates salt stress in lentil. *Molecules*, 26, 2576. DOI: 10.3390/molecules26092576.
- 14 Singh, D., Singh, C.K., Taunk, J., Gaikwad, K., Singh, V., Sanwal, S.K., Karwa, S., Sharma, P.C., Yadav, R.K. (2022). Genome-wide RNA sequencing for alkalinity stress tolerance in lentil. *BMC Plant Biol.*, 22, 99. DOI: 10.1186/s12870-022-03489-w.
- 15 Bansal, R., Priya, S., Dikshit, H.K., Jacob, S.R., Rao, M., Bana, R.S., Kumari, J., Tripathi, K., Kumar, A., Kumar, S. (2021). Growth and antioxidant responses in iron-biofortified lentil under cadmium stress. *Toxics*, 9, 182. DOI: 10.3390/toxics9080182.
- 16 Hossain, M.S., Abdelrahman, M., Tran, C.D., Nguyen, K.H., Chu, H.D., Watanabe, Y., Fujita, M., Tran, L.-S.P. (2022). Acetate enhances cadmium stress tolerance in lentil seedlings. *Environ. Pollut.*, 308, 119687. DOI: 10.1016/j.envpol.2022.119687.
- 17 Srivastava, S.P., Bhandari, T.M.S., Yadav, C.R., Joshi, M., Erskine, W. (2000). Boron deficiency in lentil: yield loss and distribution. *Plant Soil*, 219, 147–151. DOI: 10.1023/A:1004708700075.
- 18 Rodda, M.S., Sudheesh, S., Javid, M., Noy, D., Gnanasambandam, A., Slater, A.T., Rosewarne, G.M., Kaur, S. (2018). Breeding for boron tolerance in lentil. *Plant Breed.*, 137, 492–501.
- 19 Zeroual, A., Baidani, A., Idrissi, O. (2023). Drought stress in lentil and management approaches. *Horticulturae*, 9(1), 1. DOI: 10.3390/horticulturae9010001.
- 20 Noor, M.M.A., Tahjib-Ul-Arif, M., Alim, S.M.A., Islam, M.M., Hasan, M.T., Babar, M.A., Hossain, M.A., Jewel, Z.A., Murata, Y., Mostofa, M.G. (2024). Lentil adaptation to drought stress. *Front. Plant Sci.*, 15, 1403922. DOI: 10.3389/fpls.2024.1403922.
- 21 Sabaghnia, N., Karimizadeh, R., Mohammadi, M. (2012). Genotype × environment interaction and stability in lentil. *Žemdirbystė–Agriculture*, 99(3), 305–312.
- 22 Foti, C., Khah, E., Pavli, O. (2019). Response of lentil genotypes to PEG-induced drought stress. *Plant*, 6(4), 75–83. DOI: 10.11648/j.plant.20180604.12.

- 23 Baggar, A., Safi, A., Gaboun, F., Taghouti, M., Benbrahim, N. (2023). Stable lentil genotypes under genotype $\times$ environment interaction. *Plant Sci. Today*, 10(1), 57–66. DOI: 10.14719/pst.1814.
- 24 Pezeshkpour, P., et al. (2025). Evaluation of stability of lentil genotypes under multi-environment trials. *Legume Sci.*, 7(1), e70021. DOI: 10.1002/leg3.70021.
- 25 Aski, M.S., Mishra, G.P., Tokkas, J.P. et al. (2023). Strategies for identifying stable lentil cultivars. *Front. Plant Sci.*, 14, 1102879. DOI: 10.3389/fpls.2023.1102879.
- 26 Balech, R., Maalouf, F., Patil, S.B., Rajendran, K., Abou Khater, L., Rubiales, D., Kumar, S. (2023). Stability of herbicide-tolerant lentil accessions. *Plants*, 12(4), 854. DOI: 10.3390/plants12040854.
- 27 Кузбакова, М.М., Хасанова, Г.Ж., Джатаев, С.А., Ошергина, И.П., Тен, Е.А. (2022). Изучение коллекционных сортообразцов чечевицы в Северном Казахстане. *Вестник КазАТУ им. С.Сейфуллина*, 1(112), 11–18. DOI: 10.51452/kazatu.2022.1(112).847.
- 28 Marakaeva, T., Zaitsev, S., Leovkina, A., Bashinskaya, O., Babushkin, D. (2023). Phenotyping of lentil breeding lines in the Omsk oblast. E3S Web Conf., 431, 01014. DOI: 10.1051/e3sconf/202343101014.
- 29 Aktar-Uz-Zaman, M. et al. (2022). Selection of lentil genotypes for drought tolerance. *J. Agric. Sci.*, 12(11), 1719.
- 30 Байшоланов, С.С., Клещенко, А.Д., Мусатаева, Г.Б., Жакиева, А.Р., Акшалов, К.А., Чернов, Д.А. (2017). *Агроклиматические ресурсы Акмолинской области*. Астана: Институт географии, 133.
- 31 Ошергина, И. П., Тен Е. А. Абиотические факторы северного региона Казахстана и устойчивость продуктивности гороха посевного с разным морфотипом листа, *Владимирский земледелец* (2023), (104), 56–61. DOI: 10.24412/2225-2584-2023-2-104-56-61.
- 32 Савин, Т.В., Долинный, Ю.Ю., Акшалов, К.А. и др. (2025). *Весенне-полевые работы в хозяйствах Акмолинской области*. Шортанды: НППЦЗХ им. А.И. Бараева, 105.
- 33 Вишнякова, М.А. и др. (2018). *Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых*. 2-е изд. Санкт-Петербург: ВИР, 143.
- 34 Скокбаев, С.О. (ред.) (2002). *Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур*. Алматы, 378.
- 35 Доспехов, Б.А. (2012). *Методика полевого опыта*. Москва: Агропромиздат, 352.
- 36 Eberhart, S.A., Russell, W.A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.*, 6(1), 36–40.

References

- 1 Aghababaei, F., McClements, D.J., Pignitter, M., Hadidi, M. (2024). A comprehensive review of processing, functionality, and potential applications of lentil proteins in the food industry. *Adv. Colloid Interface Sci.*, 333, 103280. DOI: 10.1016/j.cis.2024.103280.
- 2 Vlachostergios, D.N., Noulas, C., Kargiotidou, A., Baxevanos, D., Tigka, E., Pankou, C., Kostoula, S., Beslemes, D., Irakli, M., Tziouvalekas, M. (2021). Identification of the optimum environments for the high and stable yield of lentil genotypes: a multi-location study. *Sustainability*, 13(15), 8247. DOI: 10.3390/su13158247.
- 3 Ten, E.A., Oshergina, I.P., Kazydub, N.G. (2025). Reakciya kollekcionnyh obrazcov melkosemyannoj chechevicy (*Lens culinaris* Medik.) na abioticheskie stressovye faktory. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2(58), 19–33.
- 4 Jan, N., Rather, A.M.-U.-D., John, R., Chaturvedi, P., Ghatak, A., Weckwerth, W., Zargar, S.M., Mir, R.A., Khan, M.A., Mir, R.R. (2022). Proteomics for abiotic stresses in legumes: present status and future directions. *Crit. Rev. Biotechnol.*, 42, 1–20. DOI: 10.1080/07388551.2021.2025033.
- 5 Kaur, B., Sandhu, K.S., Kamal, R., Kaur, K., Singh, J., Röder, M.S., Muqaddasi, Q. H. (2021). Omics for the improvement of abiotic, biotic, and agronomic traits in major cereal crops. *Plants*, 10, 1989. DOI: 10.3390/plants10101989.
- 6 Idrissi, O., Udupa, S.M., Houasli, C., De Keyser, E., Van Damme, P., De Riek, J. (2015). Genetic diversity analysis of Moroccan lentil landraces using SSR and AFLP markers. *Plant Breed.*, 134, 322–332. DOI: 10.1111/pbr.12261.

- 7 Lake, L., Izzat, N., Kong, T., Sadras, V.O. (2021). High-throughput phenotyping of plant growth rate to screen for waterlogging tolerance in lentil. *J. Agron. Crop Sci.*, 207, 995–1005. DOI: 10.1111/jac.12522.
- 8 Choukri, H., Hejjaoui, K., El-Baouchi, A., El Haddad, N., Smouni, A., Maalouf, F., Thavarajah, D., Kumar, S. (2020). Heat and drought stress impact on phenology, grain yield, and nutritional quality of lentil. *Front. Nutr.*, 7, 596307. DOI: 10.3389/fnut.2020.596307.
- 9 El Haddad, N., Rajendran, K., Smouni, A., Es-Safi, N.E., Benbrahim, N., Mentag, R., Nayyar, H., Maalouf, F., Kumar, S. (2020). Screening the FIGS set of lentil germplasm for tolerance to terminal heat and drought–heat stress. *Agronomy*, 10, 1036. DOI: 10.3390/agronomy10071036.
- 10 Ghimire, N.H., Mandal, H.N. (2019). Genetic variability, correlation and heritability of cold tolerance lentil genotypes. *Int. J. Adv. Res. Biol. Sci.*, 6, 1–10. DOI: 10.22192/ijarbs.
- 11 Fardus, J., Hossain, M.S., Fujita, M. (2021). Modulation of antioxidant defense by L-glutamic acid enhances salt tolerance in lentil. *Biomolecules*, 11, 587. DOI: 10.3390/biom11040587.
- 12 Singh, D., Singh, C.K., Tomar, R.S.S., Sharma, S., Karwa, S., Pal, M., Singh, V., Sanwal, S.K., Sharma, P. C. (2020). Genetics and molecular mapping for salinity stress tolerance in lentil. *Crop Sci.*, 60, 1254–1266. DOI: 10.1002/csc2.20030.
- 13 Yasir, T.A., Khan, A., Skalicky, M., Wasaya, A., Rehmani, M.I.A., Sarwar, N., Mubeen, K., Aziz, M., Hassan, M.M., Hassan, F.A. (2021). Sodium nitroprusside mitigates salt stress in lentil. *Molecules*, 26, 2576. DOI: 10.3390/molecules26092576.
- 14 Singh, D., Singh, C.K., Taunk, J., Gaikwad, K., Singh, V., Sanwal, S.K., Karwa, S., Sharma, P.C., Yadav, R.K. (2022). Genome-wide RNA sequencing for alkalinity stress tolerance in lentil. *BMC Plant Biol.*, 22, 99. DOI: 10.1186/s12870-022-03489-w.
- 15 Bansal, R., Priya, S., Dikshit, H.K., Jacob, S.R., Rao, M., Bana, R.S., Kumari, J., Tripathi, K., Kumar, A., Kumar, S. (2021). Growth and antioxidant responses in iron-biofortified lentil under cadmium stress. *Toxics*, 9, 182. DOI: 10.3390/toxics9080182.
- 16 Hossain, M.S., Abdelrahman, M., Tran, C.D., Nguyen, K.H., Chu, H.D., Watanabe, Y., Fujita, M., Tran, L.-S.P. (2022). Acetate enhances cadmium stress tolerance in lentil seedlings. *Environ. Pollut.*, 308, 119687. DOI: 10.1016/j.envpol.2022.119687.
- 17 Srivastava, S.P., Bhandari, T.M.S., Yadav, C.R., Joshi, M., Erskine, W. (2000). Boron deficiency in lentil: yield loss and distribution. *Plant Soil*, 219, 147–151. DOI: 10.1023/A:1004708700075.
- 18 Rodda, M.S., Sudheesh, S., Javid, M., Noy, D., Gnanasambandam, A., Slater, A.T., Rosewarne, G.M., Kaur, S. (2018). Breeding for boron tolerance in lentil. *Plant Breed.*, 137, 492–501.
- 19 Zeroual, A., Baidani, A., Idrissi, O. (2023). Drought stress in lentil and management approaches. *Horticulturae*, 9(1), 1. DOI: 10.3390/horticulturae9010001.
- 20 Noor, M.M.A., Tahjib-Ul-Arif, M., Alim, S.M.A., Islam, M.M., Hasan, M.T., Babar, M.A., Hossain, M.A., Jewel, Z.A., Murata, Y., Mostofa, M.G. (2024). Lentil adaptation to drought stress. *Front. Plant Sci.*, 15, 1403922. DOI: 10.3389/fpls.2024.1403922.
- 21 Sabaghnia, N., Karimizadeh, R., Mohammadi, M. (2012). Genotype × environment interaction and stability in lentil. *Žemdirbystė–Agriculture*, 99(3), 305–312.
- 22 Foti, C., Khah, E., Pavli, O. (2019). Response of lentil genotypes to PEG-induced drought stress. *Plant*, 6(4), 75–83. DOI: 10.11648/j.plant.20180604.12.
- 23 Baggar, A., Safi, A., Gaboun, F., Taghouti, M., Benbrahim, N. (2023). Stable lentil genotypes under genotype × environment interaction. *Plant Sci. Today*, 10(1), 57–66. DOI: 10.14719/pst.1814.
- 24 Pezeshkpour, P., et al. (2025). Evaluation of stability of lentil genotypes under multi-environment trials. *Legume Sci.*, 7(1), e70021. DOI: 10.1002/leg3.70021.
- 25 Aski, M.S., Mishra, G.P., Tokkas, J.P. et al. (2023). Strategies for identifying stable lentil cultivars. *Front. Plant Sci.*, 14, 1102879. DOI: 10.3389/fpls.2023.1102879.
- 26 Balech, R., Maalouf, F., Patil, S.B., Rajendran, K., Abou Khater, L., Rubiales, D., Kumar, S. (2023). Stability of herbicide-tolerant lentil accessions. *Plants*, 12(4), 854. DOI: 10.3390/plants12040854.
- 27 Kuzbakova, M.M., Hasanova, G.ZH., Dzhatayev, S.A., Oshergina, I.P., Ten, E.A. (2022). Izuchenie kollekcionnyh sortobrazcov chechevicy v Severnom Kazahstane. *Vestnik KazATU im. S. Seifullina*, 1(112), 11–18. DOI: 10.51452/kazatu.2022.1(112).847.

- 28 Marakaeva, T., Zaitsev, S., Leovkina, A., Bashinskaya, O., Babushkin, D. (2023). Phenotyping of lentil breeding lines in the Omsk oblast. E3S Web Conf., 431, 01014. DOI: 10.1051/e3sconf/202343101014.
- 29 Aktar-Uz-Zaman, M., et al. (2022). Selection of lentil genotypes for drought tolerance. *J. Agric. Sci.*, 12(11), 1719.
- 30 Bajsholanov, S.S., Kleshchenko, A.D., Musataeva, G.B., ZHakieva, A.R., Akshalov, K.A., Chernov, D.A. (2017). *Agroklimaticheskie resursy Akmolinskoi oblasti*. Astana: Institut geografii, 133.
- 31 Oshergina, I.P., Ten, E.A. (2023). Abioticheskie faktory severnogo regiona Kazakhstana i ustoychivost' produktivnosti gorokha posevnogo s raznym morfotipom lista. *Vladimirskii zemledelets*, (104), 56–61. <https://doi.org/10.24412/2225-2584-2023-2-104-56-61>.
- 32 Savin, T.V., Dolinnyi, YU.YU., Akshalov, K.A., i dr. (2025). *Vesenne-polevye raboty v hozyaistvah Akmolinskoi oblasti*. SHortandy: NPCZKH im. A. I. Baraeva, 105.
- 33 Vishnyakova, M.A., i dr. (2018). *Kollekciya mirovyh geneticheskikh resursov zernovyh bobovyh*. 2-e izd. Sankt-Peterburg: VIR, 143.
- 34 Skokbaev, S.O. (red.) (2002). *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyaistvennykh kul'tur*. Almaty, 378.
- 35 Dospekhov, B.A. (2012). *Metodika polevogo opyta*. Moskva: Agropromizdat, 352.
- 36 Eberhart, S.A., Russell, W.A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.*, 6(1), 36–40.

Солтүстік Қазақстан жағдайында ірі тұқымды жасымықтың (*Lens culinaris Medik. L.*) бастапқы материалын экологиялық пластикалылығы, тұрақтылығы және стресс факторларына төзімділігі бойынша кешенді бағалау

Тен Е.А., Ошергина И.П., Пестова Д.М., Хасанова Г.Ж.

Түйін

Алғышарттар мен мақсат. Солтүстік Қазақстанның құрғақ дала аймағында климаттық жағдайлардың тұрақсыздығының күшеюі өнімділігі жоғары әрі контрастты гидротермиялық жағдайларға бейімделген жасымық сорттарын селекциялаудың өзектілігін арттырады. Зерттеудің мақсаты ірі тұқымды жасымықтың (*Lens culinaris Medik. L.*) коллекциялық үлгілерін өнімділік, экологиялық пластикалылық, тұрақтылық және стресс факторларына төзімділік белгілері бойынша кешенді бағалау арқылы селекциялық бастапқы материалды іріктеу.

Материалдар мен әдістер. Зерттеулер 2021-2025 жылдары Солтүстік Қазақстанның оңтүстік-карбонатты қара топырақтары жағдайында жүргізіліп, ауа райы факторларының жылдар бойынша айқын құбылмалылығымен сипатталды. Зерттеу нысаны ретінде ірі тұқымды жасымықтың 38 коллекциялық үлгісі пайдаланылды. Бейімделу параметрлерін бағалау Eberhart–Russell әдістемесі бойынша регрессиялық талдау және стресс индекстерін (STI, TOL) есептеу арқылы жүзеге асырылды. Деректерге статистикалық өңдеу жалпы қабылданған әдістермен жүргізілді.

Нәтижелер. Барлық іріктелген үлгілер селекциялық индекс бойынша Шырайлы стандартынан 24,3-60,3% артық болды. Интенсивті типтегі жоғары пластикалы үлгілер (K-2721, K-2706) және тұрақты үлгілер (Centinela, K-2717, E-140) анықталды, олар ылғалдану жағдайлары контрастты жылдары да өнім әлеуетін тұрақты іске асыруымен ерекшеленді. Детерминация коэффициенттерінің талдауы өсімдіктегі тұқым саны өнімділіктің негізгі предикторы екенін көрсетті, ол өнім вариациясының 33,64% түсіндіреді.

Қорытынды. Алынған нәтижелер Солтүстік Қазақстан жағдайында абиотикалық стресс факторларына төзімді және жоғары өнімділік әлеуетіне ие жасымық сорттарын шығару үшін бейімделген генотиптерді мақсатты түрде іріктеудің мүмкіндігін дәлелдейді.

Кілт сөздер: жасымық; бейімделгіштік; пластикалылық; тұрақтылық; стресс төзімділік; өнімділік.

Comprehensive evaluation of large-seeded lentil (*Lens culinaris Medik. L.*) germplasm for ecological plasticity, stability, and stress tolerance under the conditions of Northern Kazakhstan

Ten E.A., Oshergina I.P., Pestova D.M., Khasanova G.Zh.

Abstract

Background and Aim. Increasing climate instability in the dry-steppe zone of Northern Kazakhstan necessitates the development of lentil cultivars that combine high productivity with adaptability to contrasting hydrothermal conditions. This study aimed to conduct a comprehensive evaluation of large-seeded lentil (*Lens culinaris Medik. L.*) germplasm based on yield performance, ecological plasticity, stability, and stress tolerance in order to identify valuable breeding material.

Materials and Methods. The study was conducted from 2021 to 2025 and included a comprehensive assessment of 38 large-seeded lentil accessions grown on southern carbonate chernozem soils of Northern Kazakhstan under pronounced interannual variability of weather conditions. Adaptive parameters were evaluated using regression analysis according to the Eberhart–Russell methodology and by calculating stress indices (STI, TOL). Statistical data processing was performed using standard methods.

Results. All selected accessions exceeded the standard cultivar Shyraily by 24.3-60.3% in terms of the selection index. Highly plastic intensive-type accessions (K-2721, K-2706) and stable genotypes (Centinela, K-2717, E-140) were identified; these demonstrated stable realization of yield potential under contrasting moisture conditions. Analysis of the coefficients of determination revealed that the number of seeds per plant is the key predictor of yield, accounting for 33.64% of yield variation.

Conclusion. The obtained results substantiate the feasibility of targeted selection of adaptive lentil genotypes for breeding programs aimed at developing cultivars with high yield potential and resistance to abiotic stresses under the conditions of Northern Kazakhstan.

Keywords: lentil; adaptability; plasticity; stability; stress tolerance; yield.

Как цитировать: Жандияр Е.Г., Алдиярова А.Е., Беспаяева Р.С., Хусаинова Ж.С., Калашников П.А. (2026). Повышение эффективности водораспределения на основе цифровых технологий в условиях изменчивости водных ресурсов Алматинской области. *Евразийский агротехнический журнал*, 2(130), 267-278. DOI:[https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2\(130\).2249](https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2(130).2249)

УДК 626.82:004

Исследовательская статья

Повышение эффективности водораспределения на основе цифровых технологий в условиях изменчивости водных ресурсов Алматинской области

Жандияр Е.Г.¹ , Алдиярова А.Е.¹ 
Беспаяева Р.С.² , Хусаинова Ж.С.² , Калашников П.А.³ 

¹Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан

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

³Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства, Тараз, Казахстан

Автор-корреспондент: Жандияр Е.Г.: Essen.zhandiyar@gmail.com

Соавторы: (2: АА) ainura.aldiarova@kaznatu.edu.kz (3: РБ) r.bespayeva@kazatu.edu.kz
(4: ЖХ) zh.khussainova@kazatu.edu.kz; (5: ПК): kalashnikov_81@inbox.ru

Получено: 10.06.2026 **Принято:** 30.06.2026 **Опубликовано:** 30.06.2026

Авторские права: Жандияр Е.Г. и др. Данная статья размещена в открытом доступе и распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Аннотация

Предпосылки и цель. Изменение климата, дефицит водных ресурсов, рост потребности сельского хозяйства в оросительной воде и износ гидротехнической инфраструктуры требуют совершенствования управления водораспределением. Для Алматинской области проблема особенно актуальна вследствие зависимости региона от трансграничного стока реки Или и межгодовой изменчивости водообеспеченности. Традиционные схемы распределения воды не обеспечивают необходимой гибкости в условиях гидрологической неопределенности. Цель исследования заключается в оценке эффективности водораспределения и разработке подхода к адаптивному управлению оросительными системами на основе цифровых технологий и экономико-математического моделирования.

Материалы и методы. Исследование выполнено на основе статистических данных о водопользовании и сельскохозяйственном производстве Алматинской области за 2010–2024 гг., а также материалов Министерства водных ресурсов и ирригации Республики Казахстан. Применены методы описательной статистики, анализа гидрологических временных рядов и корреляционного анализа. Для оценки межгодовой изменчивости речного стока рассчитан коэффициент вариации, а взаимосвязь между потерями воды и эффективностью водораспределения оценена с использованием коэффициента корреляции Пирсона и коэффициента детерминации. Разработана экономико-математическая модель стохастической оптимизации водораспределения, учитывающая доступный объем водных ресурсов, потребность водопользователей, эффективность доставки и экономические потери от дефицита воды.

Результаты. Установлено снижение удельных затрат воды на регулярное орошение на 22,0%, сокращение транспортных потерь с 38 до 25% и повышение коэффициента эффективности водораспределения с 0,62 до 0,77. Выявлена сильная обратная связь между потерями воды и эффективностью водораспределения ($r = -0,89$; $R^2 = 0,79$). Коэффициент вариации речного стока составил 11,8%, подтверждая необходимость учета гидрологической неопределенности. В рамках разработанной модели на основе вариабельности речного стока сформированы маловодный, средний и многоводный сценарии водообеспеченности. Разработанная модель обеспечивает перерасчет объема водоподачи Q_i с учетом доступного ресурса $W(\omega)$, потребности D_i , эффективности доставки η_i и экономических потерь при изменении гидрологических условий.

Закключение. Полученные результаты обосновывают переход от фиксированного нормативного распределения воды к сценарному адаптивному управлению водораспределением. Интеграция экономико-математической модели с GIS, IoT, SCADA и цифровым двойником обеспечивает обновление входных параметров и перерасчет режимов водоподачи в зависимости от фактических и гидрологических условий.

Ключевые слова: водораспределение; цифровые технологий; оросительные системы; водные ресурсы; цифровой двойник; Алматинская область.

Введение

Надежность орошаемого земледелия во многом определяется тем, насколько водные ресурсы соответствуют реальным потребностям сельскохозяйственных водопользователей. Изменение климата, растущий дефицит воды и нестабильность речного стока усложняют этот баланс и увеличивают спрос на водоснабжение. Современные международные оценки свидетельствуют, что усиление гидрологической изменчивости и рост нагрузки на водные ресурсы ограничивают эффективность традиционных схем управления ирригационной инфраструктурой [1, 2]. Одним из направлений модернизации управления водными ресурсами является интеграция пространственных, сенсорных и диспетчерских данных. Современные исследования рассматривают цифровые двойники, искусственный интеллект и интеллектуальные системы управления как инструменты оперативной обработки данных, моделирования состояния водохозяйственных объектов и поддержки управленческих решений [3, 4, 5, 6]. GIS обеспечивает пространственную привязку объектов оросительной сети, IoT – регистрацию текущих параметров системы, а SCADA – диспетчерский контроль технологических процессов. Интеграция указанных технологий с цифровым двойником формирует информационно-вычислительную среду для обновления параметров модели и адаптации режимов водоподачи [7, 8, 9].

Для Республики Казахстан проблема рационального использования водных ресурсов имеет стратегическое значение, поскольку значительная часть речного стока формируется за пределами страны, а южные регионы характеризуются высокой зависимостью сельскохозяйственного производства от искусственного орошения. В бассейне реки Или водообеспеченность определяется сочетанием трансграничного водопользования, климатической изменчивости и пространственно-временной неоднородности осадков [10, 11, 12]. Алматинская область относится к числу крупных сельскохозяйственных водопотребителей страны, где эффективность оросительных систем зависит от состояния гидротехнической инфраструктуры и устойчивости водообеспечения. Официальные документы Республики Казахстан указывают на необходимость сокращения потерь воды, модернизации водохозяйственной инфраструктуры и внедрения цифровых инструментов управления.

Несмотря на значительное число исследований, вопросы комплексной оценки эффективности водораспределения с учетом изменчивости речного стока и интеграции цифровых технологий в систему управления остаются недостаточно изученными.

Целью исследования является комплексная оценка современного состояния водораспределения в Алматинской области, выявление факторов, определяющих эффективность использования водных ресурсов, а также научное обоснование применения цифровых технологий для повышения устойчивости функционирования оросительных систем в условиях стохастической изменчивости водообеспеченности.

Научная новизна исследования заключается в разработке интегрированного подхода, объединяющего статистический анализ водопользования и экономико-математическую модель адаптивного водораспределения с использованием цифровых технологий.

Материалы и методы

Информационную основу исследования составили официальные статистические и аналитические материалы Министерства водных ресурсов и ирригации Республики Казахстан за 2010–2024 гг. [13, 14]. Сформированный массив данных включал годовые наблюдения за объемами водозабора, использованием воды для сельскохозяйственных нужд, потерями воды при транспортировке, площадью регулярного орошения и показателями водораспределения в

Алматинской области. Для оценки гидрологической изменчивости использованы многолетние данные о речном стоке бассейна реки Или.

Исследование проведено с применением методов описательной статистики, анализа гидрологических временных рядов, корреляционного анализа и экономико-математической оптимизации. Обработка временных рядов выполнялась в соответствии с общими принципами статистического моделирования гидрологических последовательностей, изложенными *J.D. Salas, J.W. Delleur, V. Yevjevich* и *W.L. Lane* [15]. Для каждого показателя определялись среднее значение, минимум, максимум, размах вариации, среднеквадратическое отклонение и темп изменения за исследуемый период.

Степень межгодовой изменчивости водных ресурсов оценивалась с использованием коэффициента вариации (1):

$$CV = \left(\frac{\sigma}{\bar{X}} \right) \times 100 \quad (1)$$

где CV – коэффициент вариации,

%; σ – среднеквадратическое отклонение;

$\bar{X}$ – среднее значение анализируемого показателя.

Для количественной оценки линейной взаимосвязи между потерями воды и эффективностью водораспределения использован коэффициент корреляции Пирсона. Применение данного показателя основано на классической методологии корреляционного анализа *K. Pearson* [16] (2):

$$r = \frac{\sum[(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]}{\sqrt{[\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2]}} \quad (2)$$

где r – коэффициент корреляции Пирсона;

x_i и y_i – наблюдаемые значения анализируемых переменных;

$\bar{x}$ и $\bar{y}$ – соответствующие средние значения.

Коэффициент детерминации R^2 использовался для характеристики доли вариации результативного показателя, статистически связанной с изменением факторного признака. Расчеты выполнены в IBM SPSS Statistics 27 и Microsoft Excel 365. До проведения анализа данные проверялись на полноту и согласованность. Адекватность регрессионных зависимостей оценивалась по R^2 , скорректированному R^2 , F-критерию и уровню статистической значимости $p < 0,05$. Диагностика модели проводилась на основе анализа остатков с проверкой линейности, гомоскедастичности и нормальности их распределения в соответствии с общепринятыми процедурами регрессионной диагностики [17]. NIST прямо рекомендует использовать диагностику остатков для оценки адекватности регрессионной модели и проверки распределения ошибок.

Эффективность водораспределения определялась как отношение объема эффективно использованной воды к общему объему поданной воды (3):

$$E = \frac{W_u}{W_s} \quad (3)$$

где E – коэффициент эффективности водораспределения;

W_u – объем эффективно использованной воды;

W_s – общий объем поданной воды.

Экономико-математическая модель разработана как задача стохастической оптимизации распределения ограниченного водного ресурса. Методологическая постановка неопределенности основана на принципах стохастического программирования *J.R. Birge* и *F. Louveaux* [18], согласно которым неопределенный параметр включается в оптимизационную задачу посредством сценариев возможных состояний системы. Это соответствует фундаментальному подходу к включению неопределенности в математические задачи принятия решений.

В качестве управляющей переменной принят объем водоподачи Q_i отдельному водопользователю. Ограничениями модели являются доступный объем водных ресурсов

W , потребность в воде D_i и коэффициент эффективности доставки η_i . Целевая функция предусматривает минимизацию затрат на водоподачу, экономических потерь от дефицита воды и потерь при транспортировке (4):

$$\min Z = \sum_{i=1}^n [c_i Q_i + p_i (D_i - Q_i \eta_i)^+ + k_i Q_i (1 - \eta_i)] \quad (4)$$

где Q_i – объем водоподачи;
 D_i – потребность в воде;
 c_i – затраты на водоподачу;
 p_i – экономические потери от дефицита воды;
 k_i – стоимость транспортных потерь;
 η_i – коэффициент эффективности доставки воды.

Доступный объем водных ресурсов задавался как стохастический параметр $W(\omega)$. На основе рассчитанного коэффициента вариации речного стока 11,8% сформированы три сценария водообеспеченности: маловодный, средний и многоводный. Потребность водопользователя определялась как $D_i = A_i q_i$, где A_i – площадь орошения, q_i – удельная потребность в воде. Коэффициент эффективности доставки рассчитывался как $\eta_i = 1 - L_i$, где L_i – доля транспортных потерь.

Цифровые технологии в методической схеме не рассматривались как самостоятельный статистический метод. GIS, IoT и SCADA определены как источники пространственных, сенсорных и оперативных данных для обновления входных параметров оптимизационной модели. Принцип интеграции физического объекта и его вычислительного представления основан на концепции цифрового двойника *F. Tao, M. Zhang и A.Y.C. Nee* [19]. Их работа (2019 г.) специально посвящена построению и применению цифрового двойника как связующего механизма между физической и вычислительной системами.

Таким образом, воспроизводимость исследования обеспечивается использованием официального массива наблюдений за 2010–2024 гг., формализованных статистических показателей, установленного алгоритма корреляционно-регрессионной диагностики и явно заданных переменных, ограничений и сценариев стохастической оптимизационной модели.

Результаты

Проведенный анализ показал увеличение нагрузки на водохозяйственную систему Алматинской области. За 2010–2024 гг. общий объем водозабора увеличился с 5200 до 6280 млн м³, или на 20,8%. Среднегодовой темп прироста составил 1,59%, а коэффициент вариации – 6,4%, что свидетельствует об относительно устойчивой динамике показателя при сохранении тенденции роста. Основные статистические характеристики представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Статистические показатели динамики общего водозабора по водохозяйственной системе Алматинской области за 2010–2024 гг.*

Показатели	Значение
Средний объем общего водозабора, млн м ³	5816
Минимальное значение, млн м ³	5200
Максимальное значение, млн м ³	6280
Размах вариации, млн м ³	1080
Общий прирост, %	20,8
CAGR, %	1,59
Коэффициент вариации, %	6,4
R ² линейного тренда	0,98

Примечание: * - данные составлены на основе источника [14].

Анализ сельскохозяйственного землепользования выявил существенные структурные изменения. Площадь рассматриваемых сельскохозяйственных угодий увеличилась с 418,1 до 1139,8 тыс. га. При этом, площадь регулярного орошения сократилась на 20,2%, тогда как площадь обводняемых пастбищ возросла до 820,0 тыс. га и составила 71,9% рассматриваемой площади сельскохозяйственных угодий. Изменение основных показателей представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Изменение основных показателей сельскохозяйственного водопользования*

Показатели	2010 г.	2024 г.	Изменение
Сельскохозяйственные угодья, тыс. га	418,1	1139,8	+721,7
Регулярное орошение, тыс. га	401,0	320,0	–81,0
Лиманное орошение, тыс. га	13,7	18,0	+4,3
Обводнение пастбищ, тыс. га	20,0	820,0	+800,0

Примечание: * - данные составлены на основе источника [14].

Оценка удельного водопотребления показала устойчивое снижение затрат воды на единицу площади регулярного орошения. За 2010–2024 гг. показатель уменьшился с 9100 до 7100 м³/га, или на 22,0%. Коэффициент вариации составил 8,6%, а коэффициент детерминации линейного тренда – $R^2 = 0,93$. Динамика удельных затрат воды представлена на рисунке 1.

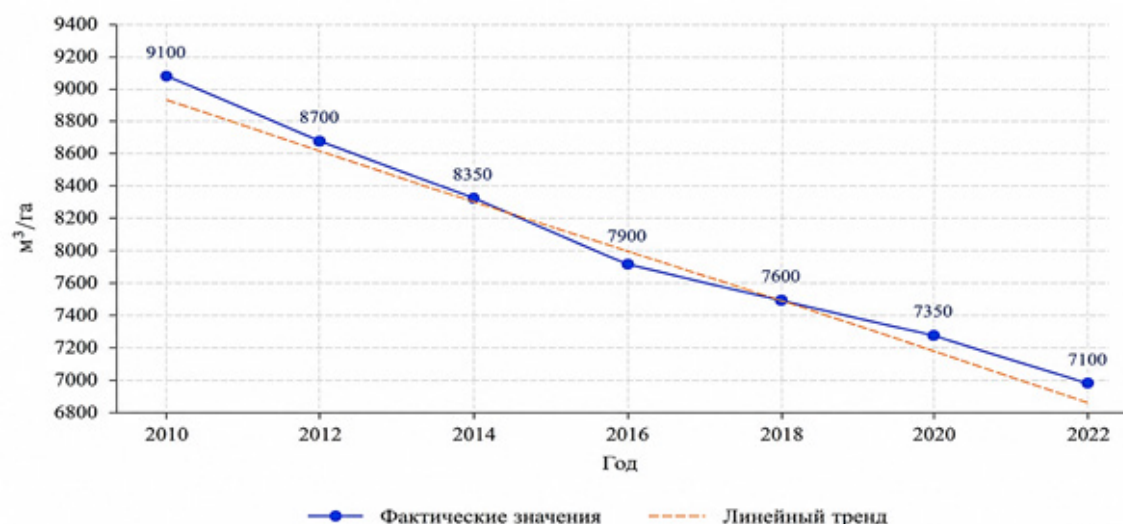


Рисунок 1 – Динамика затрат воды на 1 га площади регулярного орошения в Алматинской области

При площади регулярного орошения 320 тыс. га расчетное сокращение водопотребления относительно уровня 2010 г. составляет около 640 млн м³ в год, что подтверждает значимость снижения удельных затрат воды для повышения эффективности использования водных ресурсов.

За 2010–2024 гг. объем водозабора для сельскохозяйственных нужд увеличился с 3750 до 4360 млн м³, или на 16,3%. Одновременно потери воды при транспортировке сократились с 38 до 25%, а коэффициент эффективности водораспределения повысился с 0,62 до 0,77. Статистические показатели эффективности представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Статистические показатели эффективности водораспределения за 2010–2024 гг.*

Показатели	Значение
Прирост водозабора для сельскохозяйственных нужд, %	16,3
Снижение потерь воды, п.п.	13
Снижение потерь воды, %	34,2
Рост коэффициента эффективности, %	24,2

Продолжение таблицы 3

CAGR эффективности, %	1,55
r «потери – эффективность»	–0,89
R^2 «потери – эффективность»	0,79
r «сельскохозяйственный водозабор – эффективность»	0,84
R^2 «сельскохозяйственный водозабор – эффективность»	0,71

Примечание: * - данные составлены на основе источника [14].

Корреляционный анализ установил сильную обратную связь между потерями воды и эффективностью водораспределения ($r = -0,89$; $R^2 = 0,79$). Между объемом водозабора для сельскохозяйственных нужд и эффективностью выявлена положительная связь ($r = 0,84$; $R^2 = 0,71$). Динамика исследуемых показателей представлена на рисунке 2.

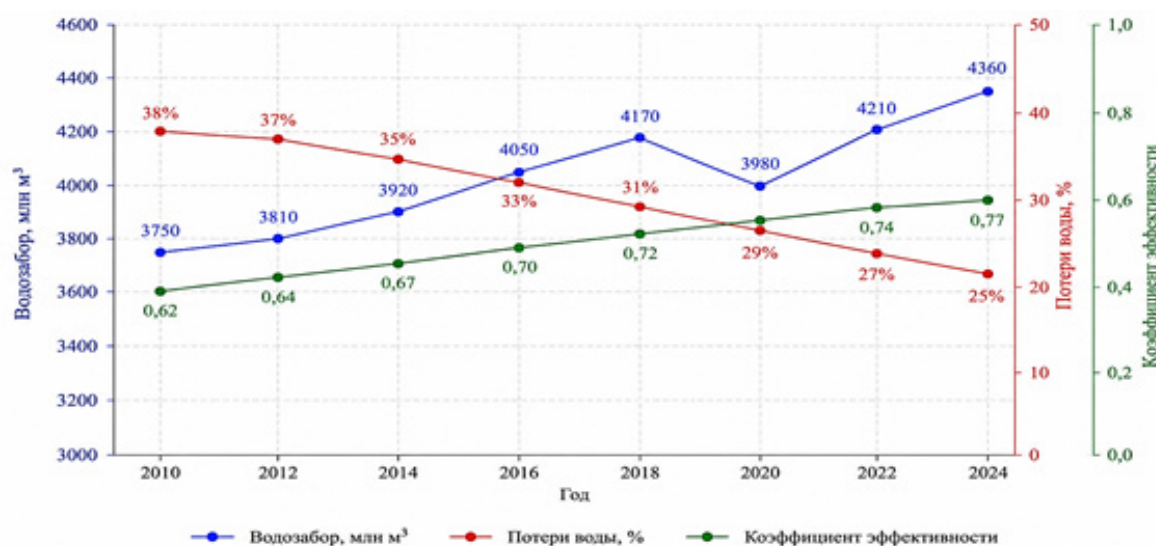


Рисунок 2 – Динамика основных показателей водораспределения в Алматинской области за 2010–2024 гг.

Сопоставление динамических рядов показывает, что последовательное снижение потерь воды сопровождалось повышением коэффициента эффективности водораспределения. При этом отдельное сокращение сельскохозяйственного водозабора в 2020 г. не изменило общей тенденции роста показателя за исследуемый период.

Для оценки гидрологической неопределенности проведен статистический анализ межгодовой изменчивости речного стока бассейна реки Или. Среднемноголетний объем стока составил 12 875 млн м³, а размах между минимальным и максимальным значениями – 4500 млн м³. Статистические характеристики речного стока представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Статистические характеристики речного стока бассейна реки Или*

Показатели	Значение
Среднемноголетний сток, млн м³	12 875
Минимальный сток, млн м³	10 900
Максимальный сток, млн м³	15 400
Размах вариации, млн м³	4500
Среднеквадратическое отклонение, млн м³	1552
Коэффициент вариации, %	11,8
R^2 линейного тренда	0,012

Примечание: * - данные составлены и рассчитаны авторами на основе источников [10–12, 14].

Коэффициент вариации речного стока составил 11,8%, что подтверждает необходимость учета гидрологической неопределенности при моделировании водораспределения.

Ключевым параметром модели является коэффициент эффективности доставки воды $\eta_i = 1 - L_i$. Выявленная зависимость между потерями воды и эффективностью водораспределения ($r = -0,89$; $R^2 = 0,79$) подтверждает обоснованность включения транспортных потерь в целевую функцию. При изменении доступного объема водных ресурсов модель обеспечивает перерасчет объемов водоподачи Q_i в соответствии с фактической потребностью D_i и сценарием водообеспеченности.

Таким образом, разработанная модель формализует переход от фиксированного нормативного распределения воды к адаптивному управлению, при котором режимы водоподачи корректируются в зависимости от гидрологической ситуации и фактических параметров оросительной системы.

Обсуждение

Сравнение исследуемых показателей указывает, что повышение эффективности водораспределения в значительной степени связано со снижением потерь воды при транспортировке. Выявленная обратная связь между уровнем потерь и коэффициентом эффективности ($r = -0,89$; $R^2 = 0,79$) позволяет рассматривать сокращение транспортных потерь как один из основных резервов повышения результативности оросительных систем. Полученная закономерность согласуется с выводами *Grafton et al.* [20], согласно которым рост технической эффективности орошения сам по себе не гарантирует устойчивого водосбережения и должен сопровождаться совершенствованием механизмов распределения и управления водными ресурсами. Аналогичный управленческий подход отражен в исследованиях OECD [21], где мониторинг водных рисков и учет изменчивости водообеспеченности рассматриваются как необходимые элементы адаптивного управления водными ресурсами в сельском хозяйстве.

Изменчивость стока Или отражает нестабильность водообеспеченности региона. В модели этот фактор учтен посредством сценарного изменения доступного объема воды.

Модель преобразует выявленные статистические зависимости в систему вычислительных ограничений и критериев выбора. Она отличается от стандартной модели тем, что объем водоснабжения не фиксирован на определенном значении: он пересчитывается на основе изменений доступных ресурсов и параметров доставки. Таким образом, сценарии с переменным объемом воды служат не только аналитической классификацией, но и условием для входа в задачу оптимизации.

Включение в целевую функцию экономических потерь от дефицита воды и транспортных потерь позволяет оценивать эффективность водораспределения, как результат оптимизации ограниченного ресурса между сельскохозяйственными водопользователями. Установленная зависимость эффективности от уровня потерь подтверждает обоснованность выбранной структуры модели.

Цифровые средства в предложенном подходе выполняют функцию информационного обеспечения расчетной модели. Данные GIS характеризуют пространственную структуру сети, IoT – текущее состояние контролируемых параметров, SCADA – режим эксплуатации. Их объединение в цифровом двойнике создает возможность обновлять входные значения модели и повторять оптимизационный расчет при изменении условий водоподачи.

Таким образом, повышение эффективности водораспределения определяется прежде всего сокращением потерь воды, тогда как устойчивость системы ограничивается изменчивостью стока реки Или. Разработанная экономико-математическая модель объединяет эти факторы в едином механизме принятия решений и обосновывает переход от нормативного планирования к сценарному адаптивному управлению водораспределением.

Заключение

Исследование позволило установить, что динамика водопользования Алматинской области сопровождается изменением структуры сельскохозяйственного землепользования и ростом требований к надежности оросительных систем. За рассматриваемый период удельное водопотребление при регулярном орошении уменьшилось на 22,0%, транспортные потери – с 38 до 25%, а коэффициент эффективности достиг 0,77.

Корреляционные результаты указывают на тесную связь результативности водораспределения с уровнем потерь. Одновременно вариабельность стока Или ограничивает применение расчетов, основанных на неизменном объеме доступной воды. Для совместного учета этих факторов предложена оптимизационная модель, в которой ресурсное ограничение изменяется в зависимости от сценария водности, а объем подачи определяется потребностью, параметрами доставки и экономическими последствиями дефицита.

Практическое развитие модели связано с ее апробацией на отдельных оросительных системах Алматинской области и подключением фактических GIS-, IoT- и SCADA-данных. Последующая проверка должна включать сопоставление расчетной и фактической водоподачи, оценку экономического эффекта и определение условий масштабирования предложенного решения.

Вклад авторов

ЕЖ и ТФ: разработали концепцию и дизайн исследования, сформировали методологию исследования, осуществили сбор и анализ данных, подготовили первоначальный текст рукописи. АА: участвовала в интерпретации полученных результатов, проведении обзора литературы и подготовке рукописи. РБ и ЖХ: провели статистический анализ, интерпретацию результатов, выполнили критическое редактирование рукописи и осуществляли научное руководство исследованием. Все авторы ознакомились с окончательной версией рукописи и одобрили окончательную версию к публикации.

Информация о финансировании

Исследование финансируется Министерством сельского хозяйства Республики Казахстан на 2024–2026 годы в рамках программы BR22886885 «Разработка организационно-экономических мер повышения эффективности использования ресурсного потенциала аграрного производства».

Список литературы

- 1 UNESCO World Water Assessment Programme. (2024). *The United Nations World Water Development Report 2024: Water for Prosperity and Peace*. Paris: UNESCO. <https://www.unesco.org/en/articles/united-nations-world-water-development-report-2024-water-prosperity-and-peace>.
- 2 FAO. (2021). *The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture 2021: Systems at Breaking Point*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. DOI: 10.4060/cb9910en.
- 3 Ahsen, R., Di Bitonto, P., Novielli, P., Magarelli, M., Romano, D., Diacono, D., Monaco, A., Amoroso, N., Bellotti, R., Tangaro, S. (2025). Harnessing Digital Twins for Sustainable Agricultural Water Management: A Systematic Review. *Applied Sciences*, 15(8), 4228. DOI: 10.3390/app15084228.
- 4 Morain, A., Hawkins, L., Poole, K., Jones, M., Washington, B., Anandhi, A. (2025). Artificial Intelligence Applications in Water Resources Management: Bibliometric analysis, challenges, and knowledge gaps. *Journal of Water and Climate Change*, 16(12), 3610–3647. DOI: 10.2166/wcc.2025.740.
- 5 Ghorbani Bam, P., Rezaei, N., Roubanis, A., Austin, D., Austin, E., Tarroja, B., Takacs, I., Villez, K., Rosso, D. (2025). Digital twin applications in the water sector: A review. *Water*, 17(20), 2957. DOI: 10.3390/w17202957.
- 6 Bautista, C. J. C., Gallegos, R. K. B., & Lampayan, R. M. (2026). Machine learning and digital twins in smart irrigation: optimising water use through agricultural data analytics. *Digital Twin*, 3(1). DOI: 10.1080/27525783.2025.2562418.
- 7 García, L., Parra, L., Jimenez, J.M., Lloret, J., Lorenz, P. (2020). IoT-based smart irrigation systems: An Overview on the Recent Trends on Sensors and IoT Systems for Irrigation in Precision Agriculture. *Sensors*, 20(4), 1042. DOI: 10.3390/s20041042.
- 8 Zhang, R., Zhu, H., Chang, Q., Mao, Q. (2025). A Comprehensive Review of Digital Twins Technology in Agriculture. *Agriculture*, 15(9), 903. DOI: 10.3390/agriculture15090903.
- 9 Zhao, T., Song, C., Yu, J., Xing, L., Xu, F., Li, W., Wang, Z. (2025). Leveraging Immersive Digital Twins and AI-Driven Decision Support Systems for Sustainable Water Reserves Management: A Conceptual Framework. *Sustainability*, 17(8), 3754. DOI: 10.3390/su17083754.

- 10 Thevs, N., Nurtazin, S., Beckmann, V., Salmyrzauli, R., & Khalil, A. (2017). Water Consumption of Agriculture and Natural Ecosystems along the Ili River in China and Kazakhstan. *Water*, 9(3), 207. DOI: 10.3390/w9030207.
- 11 Guo, L., Xia, Z. (2013). Temperature and precipitation long-term trends and variations in the Ili-Balkhash Basin. *Theoretical and Applied Climatology*, 115(1-2), 219–229. DOI: 10.1007/s00704-013-0883-3.
- 12 Duisebek, B., Senay, G.B., Ojima, D.S., Zhang, T., Sagin, J., Wang, X. (2025). Evaluating the Performance of Multiple Precipitation Datasets over the Transboundary Ili River Basin Between China and Kazakhstan. *Sustainability*, 17(16), 7418. DOI: 10.3390/su17167418.
- 13 Министерство водных ресурсов и ирригации Республики Казахстан. (2024). *Концепция развития системы управления водными ресурсами Республики Казахстан на 2024–2030 годы*. Астана. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2400000066>
- 14 Министерство водных ресурсов и ирригации Республики Казахстан. (2025). *Все материалы. Публикации*. Астана. <https://www.gov.kz/memleket/entities/water/press/article/1?lang=ru>.
- 15 Salas, J.D., Delleur, J.W., Yevjevich, V., Lane, W.L. (1980). *Applied Modeling of Hydrologic Time Series*. Littleton, Colorado: Water Resources Publications, 484 p.
- 16 Pearson, K. (1895). Note on Regression and Inheritance in the Case of Two Parents. *Proceedings of the Royal Society of London*, 58(347–352), 240–242. DOI: 10.1098/rspl.1895.0041.
- 17 NIST/SEMATECH. (2012). *e-Handbook of Statistical Methods: Regression Diagnostics and Residual Analysis*. National Institute of Standards and Technology. https://www.itl.nist.gov/div898/software/dataplot/refman1/auxillar/regrdiag.htm?utm_source=chatgpt.com
- 18 Birge, J.R., Louveaux, F. (2011). *Introduction to Stochastic Programming*. 2nd ed. New York: Springer. DOI: 10.1007/978-1-4614-0237-4.
- 19 Tao, F., Zhang, M., Nee, A.Y.C. (2019). *Digital Twin Driven Smart Manufacturing*. Elsevier. DOI: 10.1016/C2018-0-02206-9.
- 20 Grafton, R.Q., Williams, J., Perry, C.J., Molle, F., Ringler, C., Steduto, P., Udall, B., Wheeler, S.A., Wang, Y., Garrick, D., Allen, R.G. (2018). The Paradox of Irrigation Efficiency. *Science*, 361(6404), 748–750. DOI: 10.1126/science.aat9314.
- 21 OECD. (2026). *Anticipating and Monitoring Water Risks for Agriculture*. OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers, No. 226. Paris: OECD Publishing. DOI: 10.1787/24939e6a-en

References

- 1 UNESCO World Water Assessment Programme. (2024). *The United Nations World Water Development Report 2024: Water for Prosperity and Peace*. Paris: UNESCO. <https://www.unesco.org/en/articles/united-nations-world-water-development-report-2024-water-prosperity-and-peace>.
- 2 FAO. (2021). *The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture 2021: Systems at Breaking Point*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. DOI: 10.4060/cb9910en.
- 3 Ahsen, R., Di Bitonto, P., Novielli, P., Magarelli, M., Romano, D., Diacono, D., Monaco, A., Amoroso, N., Bellotti, R., Tangaro, S. (2025). Harnessing Digital Twins for Sustainable Agricultural Water Management: A Systematic Review. *Applied Sciences*, 15(8), 4228. DOI: 10.3390/app15084228.
- 4 Morain, A., Hawkins, L., Poole, K., Jones, M., Washington, B., Anandhi, A. (2025). Artificial Intelligence Applications in Water Resources Management: Bibliometric analysis, challenges, and knowledge gaps. *Journal of Water and Climate Change*, 16(12), 3610–3647. DOI: 10.2166/wcc.2025.740.
- 5 Ghorbani Bam, P., Rezaei, N., Roubanis, A., Austin, D., Austin, E., Tarroja, B., Takacs, I., Villegz, K., Rosso, D. (2025). Digital twin applications in the water sector: A review. *Water*, 17(20), 2957. DOI: 10.3390/w17202957.
- 6 Bautista, C. J. C., Gallegos, R. K. B., & Lampayan, R. M. (2026). Machine learning and digital twins in smart irrigation: optimising water use through agricultural data analytics. *Digital Twin*, 3(1). DOI: 10.1080/27525783.2025.2562418.
- 7 García, L., Parra, L., Jimenez, J.M., Lloret, J., Lorenz, P. (2020). IoT-based smart irrigation systems: An Overview on the Recent Trends on Sensors and IoT Systems for Irrigation in Precision Agriculture. *Sensors*, 20(4), 1042. DOI: 10.3390/s20041042.

- 8 Zhang, R., Zhu, H., Chang, Q., Mao, Q. (2025). A Comprehensive Review of Digital Twins Technology in Agriculture. *Agriculture*, 15(9), 903. DOI: 10.3390/agriculture15090903.
- 9 Zhao, T., Song, C., Yu, J., Xing, L., Xu, F., Li, W., Wang, Z. (2025). Leveraging Immersive Digital Twins and AI-Driven Decision Support Systems for Sustainable Water Reserves Management: A Conceptual Framework. *Sustainability*, 17(8), 3754. DOI: 10.3390/su17083754.
- 10 Thevs, N., Nurtazin, S., Beckmann, V., Salmyrzauli, R., & Khalil, A. (2017). Water Consumption of Agriculture and Natural Ecosystems along the Ili River in China and Kazakhstan. *Water*, 9(3), 207. DOI: 10.3390/w9030207.
- 11 Guo, L., Xia, Z. (2013). Temperature and precipitation long-term trends and variations in the Ili-Balkhash Basin. *Theoretical and Applied Climatology*, 115(1-2), 219–229. DOI: 10.1007/s00704-013-0883-3.
- 12 Duisebek, B., Senay, G.B., Ojima, D.S., Zhang, T., Sagin, J., Wang, X. (2025). Evaluating the Performance of Multiple Precipitation Datasets over the Transboundary Ili River Basin Between China and Kazakhstan. *Sustainability*, 17(16), 7418. DOI: 10.3390/su17167418.
- 13 Ministerstvo vodnyh resursov i irrigacii Respubliki Kazakhstan. (2024). *Koncepciya razvitiya sistemy upravleniya vodnymi resursami Respubliki Kazakhstan na 2024–2030 gody*. Astana. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2400000066>
- 14 Ministerstvo vodnyh resursov i irrigacii Respubliki Kazakhstan. (2025). *Vse materialy. Publikacii*. Astana. <https://www.gov.kz/memleket/entities/water/press/article/1?lang=ru>.
- 15 Salas, J.D., Delleur, J.W., Yevjevich, V., Lane, W.L. (1980). *Applied Modeling of Hydrologic Time Series*. Littleton, Colorado: Water Resources Publications, 484 p.
- 16 Pearson, K. (1895). Note on Regression and Inheritance in the Case of Two Parents. *Proceedings of the Royal Society of London*, 58(347–352), 240–242. DOI: 10.1098/rspl.1895.0041.
- 17 NIST/SEMATECH. (2012). *e-Handbook of Statistical Methods: Regression Diagnostics and Residual Analysis*. National Institute of Standards and Technology. https://www.itl.nist.gov/div898/software/dataplot/refman1/auxillar/regrdiag.htm?utm_source=chatgpt.com.
- 18 Birge, J.R., Louveaux, F. (2011). *Introduction to Stochastic Programming*. 2nd ed. New York: Springer. DOI: 10.1007/978-1-4614-0237-4.
- 19 Tao, F., Zhang, M., Nee, A.Y.C. (2019). *Digital Twin Driven Smart Manufacturing*. Elsevier. DOI: 10.1016/C2018-0-02206-9.
- 20 Grafton, R.Q., Williams, J., Perry, C.J., Molle, F., Ringler, C., Steduto, P., Udall, B., Wheeler, S.A., Wang, Y., Garrick, D., Allen, R.G. (2018). The Paradox of Irrigation Efficiency. *Science*, 361(6404), 748–750. DOI: 10.1126/science.aat9314.
- 21 OECD. (2026). *Anticipating and Monitoring Water Risks for Agriculture*. OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers, No. 226. Paris: OECD Publishing. DOI: 10.1787/24939e6a-en.

Алматы облысының су ресурстарының құбылмалылығы жағдайында цифрлық технологиялар негізінде су бөлудің тиімділігін арттыру

Жандияр Е.Г., Алдиярова А.Е., Беспаетова Р.С., Хусаинова Ж.С., Калашников П.А.

Түйін

Алғышарттар мен мақсат. Климаттың өзгеруі, су ресурстарының тапшылығы, ауыл шаруашылығының суармалы суға деген қажеттілігінің артуы және гидротехникалық инфрақұрылымның тозуы су бөлуді басқаруды жетілдіруді талап етеді. Алматы облысы үшін бұл мәселе өңірдің Іле өзенінің трансшекаралық ағынына тәуелділігіне және сумен қамтамасыз етудің жылдар аралық өзгергіштігіне байланысты ерекше өзекті. Су бөлудің дәстүрлі схемалары гидрологиялық белгісіздік жағдайында қажетті икемділікті қамтамасыз етпейді. Зерттеудің мақсаты – су бөлу тиімділігін бағалау және цифрлық технологиялар мен экономикалық-математикалық модельдеу негізінде суару жүйелерін бейімделмелі басқару тәсілін әзірлеу.

Материалдар мен әдістер. Зерттеу Алматы облысының 2010–2024 жылдардағы су пайдалану және ауыл шаруашылығы өндірісі жөніндегі статистикалық деректері, сондай-ақ Қазақстан

Республикасы Су ресурстары және ирригация министрлігінің материалдары негізінде жүргізілді. Сипаттамалық статистика, гидрологиялық уақыт қатарларын талдау және корреляциялық талдау әдістері қолданылды. Өзен ағынының жылдар аралық өзгергіштігін бағалау үшін вариация коэффициенті есептелді, ал су шығындары мен су бөлу тиімділігі арасындағы өзара байланыс Пирсон корреляция коэффициенті және детерминация коэффициенті арқылы бағаланды. Қолжетімді су ресурстарының көлемін, су пайдаланушылардың қажеттілігін, суды жеткізу тиімділігін және су тапшылығынан туындайтын экономикалық шығындарды ескеретін су бөлуді стохастикалық оңтайландырудың экономикалық-математикалық моделі әзірленді.

Нәтижелер. Тұрақты суаруға жұмсалатын судың үлестік шығыны 22,0%-ға төмендегені, тасымалдау кезіндегі су шығындарының 38%-дан 25%-ға дейін қысқарғаны және су бөлу тиімділігі коэффициентінің 0,62-ден 0,77-ге дейін артқаны анықталды. Су шығындары мен су бөлу тиімділігі арасында күшті кері байланыс анықталды ($r = -0,89$; $R^2 = 0,79$). Өзен ағынының вариация коэффициенті 11,8%-ды құрады, бұл гидрологиялық белгісіздікті ескеру қажеттігін растайды. Әзірленген модель шеңберінде өзен ағынының өзгергіштігі негізінде су аз, орташа сулы және суы мол кезеңдерге арналған сумен қамтамасыз ету сценарийлері қалыптастырылды. Әзірленген модель гидрологиялық жағдайлар өзгерген кезде қолжетімді $W(\omega)$ ресурсын, D_i қажеттілігін, η_i жеткізу тиімділігін және экономикалық шығындарды ескере отырып, Q_i су беру көлемін қайта есептеуді қамтамасыз етеді.

Қорытынды. Алынған нәтижелер суды белгіленген нормативтер бойынша бөлуден сценарийлік бейімделмелі су бөлуді басқаруға көшудің негізділігін көрсетеді. Экономикалық-математикалық модельді GIS, IoT, SCADA және цифрлық егізбен интеграциялау кіріс параметрлерін жаңартуға және нақты әрі гидрологиялық жағдайларға байланысты су беру режимдерін қайта есептеуге мүмкіндік береді.

Кілт сөздер: суды бөлу; цифрлық технологиялар; суару жүйелері; су ресурстары; цифрлық егіз; Алматы облысы.

Improving the efficiency of water distribution using digital technologies in the context of variable water resources in the Almaty region

Zhandiyar E.G., Aldiyarova A.E., Bespayeva R.S., Khussainova Zh.S., Kalashnikov P.A.

Abstract

Background and Aim. Climate change, water scarcity, increasing agricultural demand for irrigation water, and the deterioration of hydraulic infrastructure necessitate improvements in water distribution management. This issue is particularly relevant to the Almaty region due to its dependence on the transboundary flow of the Ili River and interannual variability in water availability. Traditional water distribution schemes lack the flexibility required under conditions of hydrological uncertainty. This study aimed to assess water distribution efficiency and develop an approach to adaptive irrigation system management based on digital technologies and economic-mathematical modelling.

Materials and Methods. The study was based on statistical data on water use and agricultural production in the Almaty region for 2010–2024, as well as materials from the Ministry of Water Resources and Irrigation of the Republic of Kazakhstan. Descriptive statistics, hydrological time-series analysis, and correlation analysis were applied. The coefficient of variation was used to calculate the interannual variability of river runoff, while the relationship between water losses and water distribution efficiency was evaluated through the incorporation of Pearson's correlation coefficient and the coefficient of determination. An economic-mathematical model for the stochastic optimization of water distribution was developed, accounting for available water resources, water users' demands, delivery efficiency, and economic losses caused by water deficits.

Results. Specific water use for regular irrigation decreased by 22.0%, water conveyance losses declined from 38% to 25%, and the coefficient of water distribution efficiency increased from 0.62 to 0.77. A strong inverse relationship was identified between water losses and water distribution efficiency ($r = -0.89$; $R^2 = 0.79$). The coefficient of variation of river runoff was 11.8%, confirming the need to

account for hydrological uncertainty. Within the developed model, low-water, average-water, and high-water availability scenarios were formulated based on river runoff variability. The model enables the recalculation of water supply volume Q_i considering the available resource $W(\omega)$, water demand D_i , delivery efficiency η_i , and economic losses under changing hydrological conditions.

Conclusion. The findings substantiate the transition from fixed normative water allocation to scenario-based adaptive water distribution management. Integrating the economic-mathematical model with GIS, IoT, SCADA, and a digital twin enables the updating of input parameters and recalculation of water supply regimes according to actual and hydrological conditions.

Keywords: water distribution; digital technologies; irrigation systems; water resources; digital twin; Almaty region.

Дәйексөз үшін: Туменбаева А.Р. , Тагиманова Д.С. , Райзер О.Б. , Хапилина О.Н. (2026). *Daphne altaica* Pall. өсімдігін *in vitro* ортаға енгізу кезеңін оңтайландыру. *Еуразиялық агротехникалық журнал*, 2(130), 279-289. DOI: [https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2\(130\).2185](https://doi.org/10.51452/eaj.2026.2(130).2185)

ӘОЖ 578:581.5:582.992

Зерттеу мақаласы

Daphne altaica Pall. өсімдігін *in vitro* ортаға енгізу кезеңін оңтайландыру

Туменбаева А.Р. , Тагиманова Д.С. , Райзер О.Б. , Хапилина О.Н. 

Ұлттық биотехнология орталығы, Астана, Қазақстан

Корреспондент-автор: Туменбаева А.Р.: tumenbayeva_a@mail.ru

Бірлескен авторлар: (1: ДТ) tagds@mail.ru

(2: ОР) 2008olesya@mail.ru; (3: ОХ) oksfur@mail.ru

Келіп түсті: 01.04.2026 **Қабылданды:** 30.06.2026 **Жарияланды:** 30.06.2026

Авторлық құқық: Туменбаева А.Р. т.б. Бұл мақала ашық қолжетімділікте жарияланып, Creative Commons Attribution 4.0 халықаралық лицензиясының шарттарына сәйкес таратылады (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Түйін

Алғышарттар мен мақсат. *Daphne altaica* Pall. дәстүрлі медицинада көптеген ауруларды емдеуде қолданылатын құнды дәрілік өсімдік. Бұл түр Қазақстанға тән эндемик болып табылады және Шығыс Қазақстанның шектеулі аумақтарында таралған. Табиғи таралу аймағының тарлығы, тұқым өнімділігінің төмендігі және өсудің баяулығы бұл өсімдіктің табиғи жолмен көбеюі мен сақталуын қиындатады. Өсімдіктерді көбейтудің биотехнологиялық әдістері жабайы өсетін популяциялардың табиғи биоалуантүрлілігін сақтауға және фармацевтикалық өнеркәсіпті қажетті өсімдік шикізатымен жеткілікті қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Осыған байланысты зерттеудің мақсаты *Daphne altaica* өсімдігін *in vitro* культурасына енгізудің тиімділігіне және микробүршіктердің түзілуіне әртүрлі зарарсыздандыру әдістері мен фитогормондардың әртүрлі концентрацияларының әсерін зерттеу болып табылады.

Материалдар мен әдістер. Бастапқы өсімдік материалы ретінде *Daphne altaica* Pall. өсімдігінің бүршік экспланттары пайдаланылды. Асептикалық культура алу үшін беткі зарарсыздандырудың әртүрлі режимдері сыналды, олардың ішінде ең тиімдісі – 0,01% HgCl_2 ерітіндісінде 20 мин өңдеу.

Микроклоналды көбейту Мурасиге-Скуга (МС) қоректік ортасында әртүрлі өсу реттегіштерін қолдану арқылы жүргізілді. Сондай-ақ, олардың комбинацияларының экспланттардың өсуіне және морфогенетикалық белсенділігіне әсері бағаланды.

Нәтижелер. 0,01% HgCl_2 ерітіндісінде зарарсыздандыру тіндердің тіршілік қабілетін сақтай отырып, асептикалық жағдайдың жоғары деңгейін қамтамасыз етті. Қоректік ортада бүршіктердің белсенді өнуі және бүршік сабақтарының түзілуі байқалды. Микроклоналды көбейтудің ең жоғары көрсеткіштері 1,0 мг/л БАП және 0,1 мг/л НСҚ ерітіндісі қосылған МС-R-4 ортасында алынды, бұл *in vitro* жағдайда морфологиялық жағынан толыққанды, жақсы дамыған жапырақтары бар микробүршіктердің қарқынды түзілуіне мүмкіндік берді.

Қорытынды. Өзірленген әдіс *Daphne altaica* Pall. өсімдігінің *in vitro* жағдайда стерильді микробүршіктерін тиімді алу мүмкіндігін қамтамасыз етеді. Бұл тәсілді қолдану түрдің генетикалық ресурстарын сақтауға, оның көп мөлшерде көбеюіне және табиғи популяцияларға антропогендік жүктеменің төмендеуіне ықпал етеді.

Кілт сөздер: *Daphne altaica* Pall.; фитогормондар; *in vitro*; зарарсыздандыру; қоректік орта.

Кіріспе

Daphne L. туысына (*Thymelaeaceae* отбасы) жататын бағалы дәрілік өсімдік болып табылады. Олар флавоноидтар, терпеноидтар, кумариндер және басқа да биологиялық белсенді қосылыстар сияқты екінші метаболиттердің жоғары құрамымен ерекшеленеді, бұл заттар антиоксиданттық,

қабынуға қарсы және қатерлі ісікке қарсы әрекеттерімен белгілі [1, 2, 3]. Химиялық құрамының бай болуына байланысты дәрілік өсімдіктер медицинада, фармацевтикада және биотехнологияда табиғи қосылыстардың көздері ретінде кеңінен қолданылады, олар дәрілік препараттар жасау үшін пайдаланылады.

Daphne altaica Pall. эндемикалық түр болып табылады және негізінен Орталық Азия мен Алтай таулы аймақтарында өседі. Қазақстанда бұл түр дәстүрлі түрде халық медицинасында трахитті, тұмауды, тамақ ауруларын, ревматизмді және жылан шағуларын емдеуде қолданылады [4, 5]. Алайда табиғи популяциялар антропогендік факторлардың әсерінен, орман кесу, өсімдіктерді жинау және экожүйелердің деградациясының салдарынан азаюда, сондай-ақ олардың табиғи көбею қабілетінің шектеулі болуы себепті қысқарады [4, 6]. Сонымен қатар, жабайы өсетін шикізаттағы биологиялық белсенді заттардың мөлшері айтарлықтай өзгеріп отырады, бұл үлкен көлемде жинауды қажет етеді және түрдің жойылу қаупін тудырады [5, 7].

Дәстүрлі көбею әдістерінің (тұқымдық және вегетативтік) тиімділігі төмен, әрі тұқым қуалайтын ұрпақтың өзгергіштігі жоғалады. Осыған байланысты *in vitro* биотехнологиялық әдістер түрдің көп мөлшерде көбеюі, генетикалық ресурстарын сақтау және стандартталған отырғызу материалын алу үшін перспективалы тәсіл ретінде қарастырылады [8].

In vitro жағдайда өсірудің артықшылықтарына маусымдылық пен климаттық жағдайларға тәуелсіздік, метаболиттердің сапалық және сандық сипаттамаларын бақылау мүмкіндігі, жыл бойы өнім алу және фармацевтикалық құнды қосылыстарды алу процесін жеңілдету жатады. Бұл әдістер табиғи популяцияларға қысымды азайтуға және шикізатты тұрақты түрде алуға мүмкіндік береді [9].

Микроклоналды көбейту процесіндегі негізгі кезең *in vitro* культураға енгізу кезеңі, оның негізінде экспланттарды зарарсыздандыру жатады. Зарарсыздандыру микробтық ластануды жойып, тіндерге зақым келтірмеуі тиіс. Сонымен қатар, фитогормондардың концентрациясы мен қоректік ортаның құрамы экспланттардың морфогенетикалық реакциясына және микробұршіктердің түзілуіне тікелей әсер етеді [10, 11].

Осылайша, жұмыстың мақсаты *in vitro* жағдайда *Daphne* туысына жататын өсімдіктердің микробұршіктерінің түзілу тиімділігіне әртүрлі зарарсыздандыру әдістері мен фитогормондардың оңтайлы концентрацияларының әсерін зерттеу болып табылады.

Материалдар мен әдістер

Зерттеу үшін негізгі материал ретінде *Daphne altaica* Pall. өсімдіктері қолданылды. Өсімдік материалы Шығыс Қазақстан облысында, Алғабас ауылының айналасындағы Көктас тауларының солтүстік-батыс беткейлеріндегі шөпті шалғындардан жиналды. Бастапқы экспланттар ретінде 2025 жылғы қыркүйек айының соңында жас *Daphne altaica* Pall. өсімдіктерінен алынған сабақ бүршіктері пайдаланылды (1-сурет).

Осы кезеңде өсімдіктер вегетацияның соңғы сатысында болып, физиологиялық тыныштық күйіне өте бастады, бұл бастапқы эксплант ретінде пайдаланылған бүршіктердің физиологиялық жағдайын айқындады. Сирек және жойылып бара жатқан өсімдік түрлерін жинау қағидаларына сәйкес, табиғи популяцияларға келтірілетін зиянды барынша азайту мақсатында бір-бірінен кемінде 5 м қашықтықта орналасқан 10 сау аналық өсімдіктің әрқайсысынан 2–3 біржылдық вегетативті өркен іріктеліп алынды [12]. Іріктеу критерийлері ретінде өсімдіктердің тіршілікке қабілеттілігі, аурулармен және зиянкестермен зақымдану белгілерінің, сондай-ақ механикалық зақымдардың болмауы негізге алынды.

Бастапқы эксплант ретінде даму деңгейі біркелкі жас біржылдық өркендерде орналасқан сабақ бүршіктері пайдаланылды. Жиналған өсімдік материалы стерильді контейнерлерге салынып, кейіннен *in vitro* жағдайына енгізу үшін зертханаға жеткізілді. Барлық тәжірибелер өсімдіктерді микроклондық көбейтудің стандартты талаптарын сақтай отырып, асептикалық жағдайларда жүргізілді.



1-сурет – *Daphne altaica* Pall. өсімдіктері табиғи өсу аймақтарында (Қазақстан)

In vitro жағдайына енгізер алдында өсімдік материалына стандартты әдістерді қолдана отырып беткі зарасыздандырудан өткізілді. *Daphne altaica* Pall. экспланттары зертхана жағдайында 72% тұрмыстық сабынмен суда мұқият жуылды, содан кейін ағып тұрған сумен шаю жүргізіліп, әртүрлі дезинфекциялық заттармен өңделді. Негізгі дезинфекциялық зат ретінде экспланттарды экзогенді және эндогенді микрофлорадан тазарту үшін 0,01% HgCl_2 және 10% NaClO ерітінділері қолданылды.

Өсімдік материалын зарасыздандыру үшін әртүрлі нұсқалар және әртүрлі экспозиция ұзақтығы (10 және 20 мин) қолданылды. Өңдеуден кейін экспланттар реактив қалдықтарынан толық тазарту үшін үш рет зарарсыз дистилденген сумен жуылды, содан кейін 6–бензиламинопурин (БАП), нафтилсірке қышқылы (НСК), метатопалин (mT) және гиббереллин қышқылы (ГК_3) сияқты әртүрлі өсімдік өсу реттегіштері қосылған Мурасиге Скуг (МС) модификацияланған қоректік ортасына орналастырылды. Әр орта нұсқасына қосымша ретінде 1 г/л поливинилпирролидон (ППМ), 20 г/л сахароза және 6 г/л агар қосылды. Қоректік ортаның рН мәні зарасыздандыру алдында 1 N NaOH немесе 1 N HCl ерітінділерінің көмегімен 5,7-ге дейін жеткізілді. Осыдан кейін орта культуралық ыдыстарға құйылып, 121 °C температурада, 1 атм қысымда 20 мин бойы автоклавта зарасыздандырылды.

Бақылау үлгілері гормондық компоненттер қосылмаған МС ортасына орналастырылды. *Daphne altaica* Pall. тіндерінің зарарсыз өсімдік ортасын бақылау әр 3-5 күн сайын жүргізіліп, экспланттардың контаминация деңгейі мен пролиферациясы тіркелді.

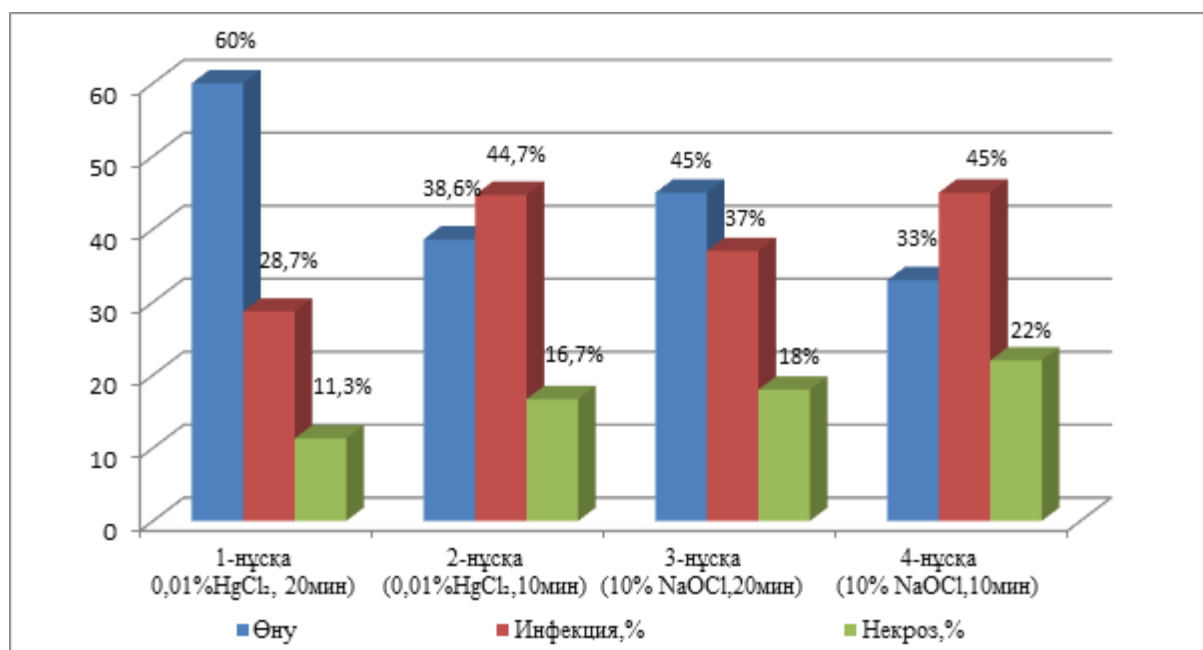
Экспланттарды *in vitro* жағдайында өсіру шарттары: жарықтандыру 2,5–3 мың люкс, температура +22...+24 °C, фотокезең 16/8 сағат. Өсіру BIOBASE Plant growth chamber климаттық камерасында жүргізілді.

Тәжірибе үш рет қайталаныммен жүргізілді, әр қайталануда 10 үлгі болды. Зерттелетін көрсеткіштерге қоректік ортаның құрамының әсерін анықтау үшін статистикалық талдау бірфакторлы дисперсиялық талдау (ANOVA) әдісімен жүргізілді. Орташа мәндер арасында статистикалық мағыналы айырмашылықтар анықталған жағдайда, Тьюки критеріі (HSD) қолданылып көптік салыстыру жүргізілді. Деректерді өңдеу Minitab 17 бағдарламасы (Пенсильваниялық мемлекеттік университеті, АҚШ) арқылы жүзеге асырылды.

Нәтижелер

In vitro жағдайға енгізу кезеңін оңтайландыру

Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, *Daphne altaica* Pall. зарарсыз экспланттарының ең жоғары тіршілік ету пайызы (60 %) 0,1% сынап хлориді (HgCl_2) ерітіндісінде 20 минуттық экспозиция кезінде тіркелді. Экспозиция уақытын 10 мин қысқартқанда тіршілік ету пайызы 38,6 % қысқарды. Ал 10% натрий гипохлориді ерітіндісін қолданғанда көрсеткіштер төмен болды, 20 минуттық экспозицияда – 45 %, ал 10 минутта – 33 % құрады (2-сурет).



2-сурет – *Daphne altaica* Pall бүршіктерін зарарсыздандыру нұсқаларының тиімділігін бағалау

Нәтижелер көрсеткендей, *D. altaica* бүршіктерін ең тиімді стерилизациялау және олардың тіршілік қабілетін сақтау 0,01 % HgCl₂ ерітіндісінде 20 минуттық өңдеу кезінде байқалды.

HgCl₂ экспозициясының уақытын 10 минуттан 20 минутқа ұзарту контаминациялайтын микрофлораны әлдеқайда толық басуға мүмкіндік берді. 10 минуттық өңдеу кезінде *D. altaica* экспланттарының стерильділігі 38,6 % болса, ұзақ экспозиция контаминация деңгейін айтарлықтай төмендетіп, тіндердің зақымдануына айтарлықтай әсер етпеді.

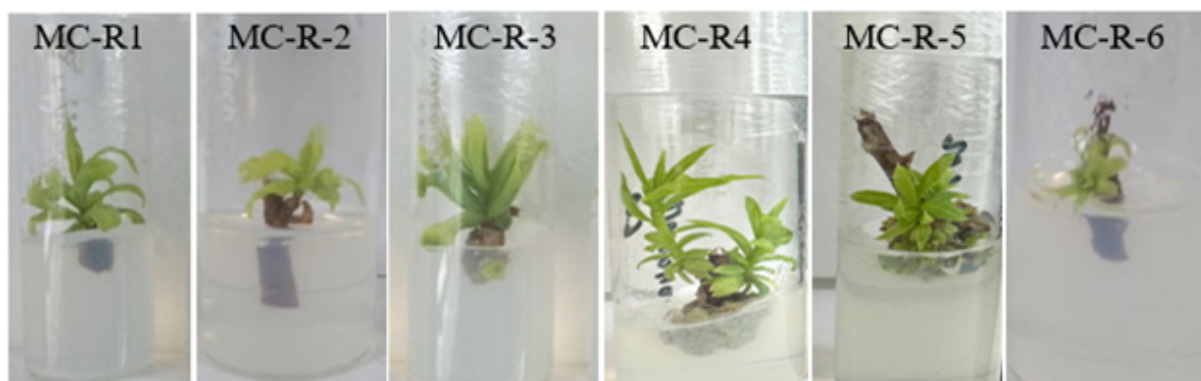
NaClO ерітіндісін қолдану әлдеқайда төмен нәтиже көрсетті. Өңдеу уақытын арттырғанына қарамастан, инфекция деңгейі түрде жоғары қалды. Сонымен қатар, бастапқы *D. altaica* экспланттарында тіндердің қараюы және ішінара некроздың дамуы байқалды, бұл, аталған зарарсыздандыру агенттің күшті тотығу қасиеттері мен фитотоксикалық әсерімен байланысты болуы мүмкін.

In vitro жағдайында *D. altaica* бүршіктерінің өсуін ынталандыру

Асептикалық экспланттар алынғаннан кейін, олар өсу мен бастапқы культураның түзілуін индукциялауға арналған қоректік орталарға көшірілді. *Daphne altaica* Pall. бүршіктерінің *in vitro* жағдайында өнуі әртүрлі өсу реттегіштерінің комбинациялары қосылған модификацияланған МС қоректік ортасының нұсқаларында зерттелді.

Нәтижелер көрсеткендей, өсу реттегіштерін қолданғанда сабақ бүршіктерінің дамуы біркелкі болып, бүршіктердің өну пайызы артты және *D. altaica* өсімділерінің тіршілік қабілеті жақсарды. Фитогормондарды қолдану тек сандық көрсеткіштерге (өсу жиілігі) ғана емес, сонымен қатар бүршік сабақтарының сапасына да оң әсер етті, қысқарған буын аралықтары, жапырақ бүршіктерінің түзілуі және апикальды доминанттықтың айқын көрінуі байқалды.

Өсірудің 21-24-ші күні экспланттардың морфогенетикалық белсенділігінде қоректік ортаның гормондық құрамына байланысты айырмашылықтар анықталды (2-сурет).



2-сурет – 21 күн өсіруден кейін әртүрлі фитогормондардың әсеріне байланысты *Daphne altaica* Pall. бүршіктерінің пролиферациясы

МС-R-4 қоректік ортасына 1 мг/л БАП және 0,1 мг/л НСҚ ерітіндісі қосылған кезде *D. altaica* бүршіктерінің өсуі қарқынды болып, жапырақ бүршіктерінің түзілуі белсенді байқалды.

МС-R-5 қоректік ортасы нұсқасы, онда мТ және ГҚ₃ қолданған кезде, бүршік сабақтарының түзілу реакциясы әлдеқайда төмен дәрежеде байқалды (1-кесте).

1-кесте – Әртүрлі фитогормондар әсерінен *Daphne altaica* Pall. бүршіктерінің *in vitro* жағдайында орташа өсу көрсеткіштері

Қоректік орта	Өсуді реттегіші/концентрациясы, мг/л				Өнудің басталуы, күні	Өркен саны, дана	Пролиферация жиілігі, %	28-ші күні өсінділердің өсуі
	БАП	мТ	НСҚ	ГҚ ₃				
МС-R-1	-	1	0,1	-	11	50	90	1,55±0,26 d
МС-R-2	-	-	0,1	1	12	50	90	1,91±0,51 c
МС-R-3	1	-	-	1	12	50	92	3,21±0,46 b
МС-R-4	1	-	0,1	-	10	50	94	4,01±0,44 a
МС-R-5	-	1	-	1	12	50	92	2,95±0,54 b
МС-R-6 (бақылау)	-	-	-	-	14	50	90	1,04±0,12 e

Орташа мәндер ± стандартты қателік (SEM) түрінде берілген (n = 10), тәжірибе үш рет қайталанған. Әртүрлі әріптермен белгіленген орташа мәндер арасында $P \leq 0,01$ деңгейінде статистикалық мәнді айырмашылық бар.

Қолданылған фитогормон комбинациялары *D. altaica* бүршіктерінің өну мерзіміне де әсер етті, ол 10-14 күн аралығында өзгеріп отырды. Ең ерте өну МС-R-4 ортада 10-шы күні байқалды, ал бақылау ортасы МС-R-6 бойынша өну тек 14-ші күні басталды.

Дисперсиялық талдау әртүрлі құрамында әртүрлі фитогормондар бар орталарда өскен *D. altaica* өсінділері арасында статистикалық маңызды айырмашылықтарды анықтады ($p \leq 0,001$). Бірфакторлы талдау қоректік орта нұсқасының 28-ші күні өсінділердің өсуіне айтарлықтай әсер ететінін көрсетті. Зерттелген нұсқалардың ішінде ең жоғары өсу көрсеткіштері МС-R-4 қоректік ортасында тіркеліп, оның *D. altaica* бүршіктерін *in vitro* өсіру үшін ең тиімді орта екенін көрсетті. Бұл нұсқада өркендердің орташа биіктігі $4,01 \pm 0,44$ см болды. Ал ең төменгі өсу көрсеткіштері бақылау нұсқасында (МС-R-6) анықталып, өркендердің орташа биіктігі $1,04 \pm 0,12$ см құрады. МС-R-3 және МС-R-5 қоректік орталарында бүршіктердің өнуі 12-ші күні басталып, өркендердің орташа биіктігі тиісінше $3,21 \pm 0,46$ см және $2,95 \pm 0,54$ см болды. МС-R-1 және МС-R-2 нұсқаларында өркендердің өсу қарқындылығы төменірек болып, олардың орташа биіктігі сәйкесінше $1,55 \pm 0,26$ см және $1,91 \pm 0,51$ см болды. Барлық тәжірибелік нұсқаларда бақылау ортасымен салыстырғанда өркендердің өсуі айтарлықтай жоғары болды. Сонымен қатар, пролиферация жиілігі де тәжірибелік нұсқаларда 90-94% аралығында болса, бақылау нұсқасында 90 % ғана болды. Ал өркендердің саны барлық нұсқаларда бірдей (50 дана) сақталды. Бұл нәтижелер фитогормондармен модификацияланған қоректік орталардың *Daphne altaica* Pall. өсімдігінің *in vitro* жағдайындағы өсуі мен дамуын тиімді ынталандыратынын дәлелдейді.

Талқылау

In vitro биотехнологиялық әдістерді қолдану дәрілік өсімдіктердің табиғи ресурстарын сақтай отырып, олардан үздіксіз және тұрақты түрде дәрілік шикізат алудың тиімді тәсілі болып табылады. *In vitro* жағдайында өсірудің көптеген артықшылықтары бар, олардың бастысы экологиялық немесе географиялық жағдайларға тәуелсіздік, өндірілетін метаболиттердің сапалық және сандық қасиеттерін реттеу мүмкіндігі, жыл бойы өнім алу және өндірісті кеңейту мүмкіндігі, сондай-ақ фармацевтикалық құнды компоненттерді шығару процесінің жеңілдеуі [13, 14].

In vitro жағдайда өсімдіктерді культураға енгізу кезеңінде бастапқы өсімдік материалын тиімді зарасыздандыру ерекше маңызды, себебі экзогенді және эндогенді микрофлораның болуы экспланттардың тіршілік қабілетін едәуір төмендетіп, өсімдік қорларының жойылуына әкелуі мүмкін [15].

Алынған нәтижелер басқа зерттеулерде көрсетілген деректермен сәйкес келеді, атап айтқанда *Leifert* және әріптестерінің жұмыстары көрсеткендей, *in vitro* жағдайға өсімдіктерді енгізудің сәттілігі зарасыздандыратын заттың антимикробтық тиімділігі мен оның фитотоксикалық әсерінің оңтайлы арақатынасына тікелей байланысты екені атап көрсетілген [16]. Авторлар атап өткендей, жеткіліксіз экспозиция эндофиттік және эпифиттік микрофлораның сақталуына әкеледі, ал тым ұзақ экспозиция тіндердің некрозына және регенерациялық потенциалдың төмендеуіне себеп болады. *Bhojwani* атағандай, 0,1 % HgCl_2 ерітіндісі ағаш және бұталы өсімдіктер үшін ең тиімді зарасыздадыратын заттардың бірі болып табылады, алайда өңдеу уақытын мұқият оңтайландыру қажет [17]. *Daphne altaica* Pall. бастапқы экспланттарын әртүрлі зарасыздандыру әдістерімен зерттеу нәтижелері көрсеткендей, 0,01% HgCl_2 ерітіндісінде 20 минуттық өңдеу осы түрді *in vitro* енгізудің ең тиімді тәсілі болып табылады. Бұл әдіс жоғары зарасыздандыруды қамтамасыз етіп, экспланттардың тіршілік қабілетін сақтайды. Сондай-ақ, осы нұсқада айқын некроз байқалмады, бұл меристемалық белсенділіктің сақталғанын көрсетеді және *D. altaica* бүршіктерінің әрі қарай пролиферациясы үшін маңызды шарт болып табылады. Ұқсас зерттеулерде қолданылған 0,1% HgCl_2 ерітінділері ақуыздардың денатурациясына және патогенді микроорганизмдер ферменттерінің белсенділігінің тежелуіне әкелуі мүмкін [18]. Осы зерттеуде біз HgCl_2 ерітіндісінің 0,01% концентрациясын қолдандық, яғни ұқсас зерттеулерде пайдаланылған концентрациядан он есе төмен. Бұрын жүргізген зерттеулерімізде бұл концентрацияның асептикалық экспланттарды алуға жеткілікті екені көрсетілген [19]. Өсірудің бүкіл кезеңі бойы, *in vitro* жағдайға енгізу сатысында да, микроклондық көбейтудің кейінгі кезеңдерінде де жасырын (латентті) инфекция белгілері байқалмады. Сонымен қатар, осы стерилизациялау әдісін қолдану кезінде экспланттардың некрозы тіркелмеді, ал контаминация деңгейі төмен болды.

In vitro жағдайында эндогендік фитогормон деңгейі көбінесе морфогенезді бастауға жеткіліксіз болып келеді, әсіресе ағаш және сирек кездесетін түрлерде, бұл тіндік культура бойынша классикалық зерттеулерде де атап өтілген [20]. Зерттеулер көрсеткендей, цитокининдер мен ауксиндердің арақатынасы *in vitro* жағдайында өсімдіктердің морфогенезін реттеуде шешуші рөл атқарады. Цитокинин концентрациясының артуы тыныштық күйдегі бүршіктерді белсендіріп, бүршіктенудің индукциясына ықпал етеді, ал ауксиннің шамадан тыс болуы каллус түзілуіне немесе бүршіктердің өсуін тежелуіне әкелуі мүмкін. Сирек және қиын көбейетін түрлер үшін гормондық тепе-теңдікті мұқият реттеу қажет, себебі бастапқы морфогенетикалық реакция культураның әрі қарайғы регенерациялық потенциалын анықтайды. Біздің зерттеу нәтижелері де осыны растайды, бақылау ортасы MC-R-6, өсу реттегіштерін қоспағанда, *D. altaica* экспланттарында өсу процесстері байқалмады, бұл меристемалық белсенділікті іске қосу үшін экзогендік гормондық ынталандырудың қажеттілігін көрсетеді.

Daphne altaica Pall. түрін *in vitro* жағдайында өсіру туралы мәліметтердің болмауына байланысты өсу реттегіштерін таңдау кезінде *Daphne* туысына жататын жақын түрлерге жүргізілген зерттеулердің нәтижелеріне сүйендік. *Daphne caucasica* және *Daphne mezereum* түрлеріне жүргізілген зерттеулерде БАП-тың ауксиндердің төмен концентрацияларымен үйлесуі бүршіктердің қарқынды пролиферациясын және өркендердің түзілуін қамтамасыз ететіні көрсетілген [2, 3]. Сонымен қатар, зерттеуде ағаш тектес өсімдіктерді *in vitro* жағдайында көбейтуде жоғары тиімділігімен ерекшеленетін жаңа буын цитокинині мета-тополин қолданылды.

Оның басты артықшылығы өсіру барысында цитокининдердің жағымсыз метаболиттерінің түзілуін азайтып, өркендердің морфогенезін ынталандыруы және олардың кейінгі тамырлану қабілетін жақсартуы болып табылады.

Біздің зерттеу нәтижелеріміз БАП цитокининің *D. altaica* түрінде меристемалық жасушалардың пролиферациясын және өркендердің түзілуін индукциялайтынын көрсетті. Ал НСК ауксині төмен концентрацияларда жасушалардың дифференциациясын қолдап, регенерациялық үдерістердің тұрақты жүруіне ықпал етті. Алынған нәтижелер *D. caucasica* және *D. mezereum* түрлеріне жүргізілген зерттеулердің деректерімен сәйкес келеді [1, 3]. Бұл *Daphne* туысы өкілдерінде морфогенездің гормондық реттелу механизмдерінің ұқсастығын көрсетеді. Сонымен қатар, БАП-тың өсімдік жасушаларында баяу инактивациялануы оның белсенді түрлерінің ұзақ уақыт сақталуына мүмкіндік беріп, нәтижесінде *in vitro* жағдайында тыныштық күйіндегі бүршіктердің ұзақ мерзімді стимуляциясын қамтамасыз етеді [2]. Біздің зерттеу нәтижелеріміз *D. altaica* үшін *in vitro* жағдайына енгізу кезеңінде меристемалардың жоғары белсенділігін сақтау мақсатында БАП қолданудың анағұрлым тиімді екенін көрсетті.

Өсу реттегіштері *D. altaica* бүршіктерінің өну жылдамдығына да әсер етті. Ең ерте өну МС-R-4 қоректік ортасында (10-шы күні) байқалды, ал бақылау ортасы МС-R-6 жағдайында ол тек 14-ші күні басталды. Бұл оңтайлы гормондық тепе-теңдік болмаған жағдайда меристемалық белсенділіктің баяу жүретінін көрсетеді.

Осылайша, модификацияланған МС қоректік ортасының құрамындағы өсу реттегіштерінің концентрациясы мен олардың үйлесімдерін өзгерту *D. altaica* Pall. бүршіктерінің морфогенетикалық реакциясын бағалауға және бүршік түзілуін индукциялау мен тұрақты бастапқы культураларды қалыптастыру үшін ең тиімді нұсқаларды анықтауға мүмкіндік берді.

Біздің нәтижелер *D. altaica* Pall. өсімдігінде морфогенетикалық процестерді белсендіруде өсу реттегіштерінің шешуші рөл атқаратынын дәлелдейді. Бүршік түзілуін индукциялау үшін алғашқы культура кезеңінде ең тиімді нұсқа ретінде 1 мг/л БАП және 0,1 мг/л НСК қосылған МС-R-4 ортасы анықталды. Бұл ортада өсімдіктердің қарқынды өсуі және морфологиялық жағынан толыққанды бүршіктердің түзілуі байқалды, ал гормондық ерітінделерсіз бақылау ортасы өсудің қажетті деңгейде белсендірілуін қамтамасыз етпеді.

Қорытынды

Зерттеу барысында алғаш рет Шығыс Қазақстан аумағында өсетін *Daphne altaica* Pall. эндемикалық дәрілік өсімдігін *in vitro* жағдайында енгізу және микроклоналды көбейту үшін оңтайлы жағдайлар әзірленіп, эксперименттік тұрғыдан негізделді.

Өсімдікті *in vitro* жағдайына енгізу кезеңінде экспланттарды беткі зарарсыздаудың тиімді режимі анықталды. Зерттеу нәтижелері бойынша 0,01 % HgCl_2 ерітіндісімен 20 мин өңдеу *D. altaica* экспланттарының тіршілік қабілеті мен морфогенетикалық потенциалын сақтай отырып, жоғары деңгейде асептикалық жағдайды қамтамасыз етеді. Бұл әдіс контаминация деңгейін айтарлықтай төмендетіп, экспланттарды әрі қарай тиімді өсіруге мүмкіндік береді.

Өртүрлі фитогормон комбинацияларының әсерін салыстырмалы талдау нәтижесінде 1 мг/л БАП және 0,1 мг/л НСК қосылған МС-R-4 қоректік ортасында *D. altaica* бүршіктерінің белсенді өнуі және өркендердің түзілуі байқалды. Осы ортада өсіру қарқынды бұтақтануды қамтамасыз етіп, жақсы дамыған жапырақтары бар морфологиялық тұрғыдан толыққанды микробүршіктердің қалыптасуына мүмкіндік берді.

Ұсынылған зарарсыздандыру және *in vitro* ортаға енгізу әдісі *D. altaica* табиғи популяцияларын сақтау және көбейту үшін тиімді тәсіл ретінде ұсынылуы мүмкін. Бұл тіндік өсіру әдістерін қолдану арқылы түрдің генетикалық ресурстарын сақтауға және табиғи популяцияларға түсетін антропогендік әсерді азайтуға мүмкіндік береді. Зерттеудің келесі кезеңінде алынған микробүршіктерді тамырландыру, оларды *ex vitro* жағдайына көшіру және акклиматизациялау, сондай-ақ алынған регенеранттардың генетикалық тұрақтылығын зерттеу жұмыстары жүргізілетін болады.

Авторлардың қосқан үлесі

АТ: деректерді жинаумен және талдаумен, мақала жазумен және рәсімдеумен айналысты. ОР және ДТ: ғылыми дереккөздерді талдауға және іріктеуге, жан-жақты әдебиеттерді іздестіруге

көмектесті. ОХ: қолжазбаның соңғы редакциясын және коррекциясын орындауға ат салысты. Барлық авторлар қолжазбаның соңғы редакциясын оқып, қарап, бекітті.

Қаржыландыру туралы ақпарат

Зерттеу Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитетінің қаржылай қолдауымен жүзеге асырылды, BR28713087 «Дәрілік өсімдіктердің биологиялық белсенді заттарын *in vitro* жағдайында алудың және осы заттардың мақсатты түзілуінің іргелі және қолданбалы аспектілері» ғылыми-техникалық бағдарламасы аясында жүргізілді.

Әдебиеттер тізімі

- 1 Nowakowska, K., Pacholczak, A., Nongdam, P., Samsurizal, N.A., Pacholczak, A. (2023). An efficient micropropagation protocol for the endangered European shrub February daphne (*Daphne mezereum* L.) and identification of bacteria in culture. *Agriculture*, 13(9), 1692. DOI:10.3390/agriculture13091692.
- 2 Nowakowska, K., Pacholczak, A., Tepper, W. (2019). The effect of selected growth regulators and culture media on regeneration of *Daphne mezereum* L. 'Alba'. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*, 30, 197-205. DOI: 10.1007/s12210-019-00777-w.
- 3 Mala, J., Bylinsky, V. (2004). Micropropagation of endangered species *Daphne cneorum*. *Biologia Plantarum*, 48(4), 633-636.
- 4 Тергенбаева, Ж.Т., Карашолакова, Л.Н., Дакиева, К.Ж., и др. (2022). Распространение и ценофлора *Daphne altaica* (*Thymelaeaceae*) - редкого эндемичного вида из Восточного Казахстана. *Вестник КазНУ. Серия биологическая*, 2(91), 58-69.
- 5 Ku, S.S., Woo, H.-A., Shin, M.J., Jie, E.Y., Kim, H., Kim, H.-S., et al. (2023). Efficient plant regeneration system from leaf explant cultures of *Daphne genkwa* via somatic embryogenesis. *Plants*, 12(11), 2175.
- 6 Mala, J. (2004). Conservation strategies for endangered *Daphne* species. *Acta Mus Richnoviensis Sectio Naturalis*, 5, 133-160.
- 7 Moshiaşvili, G., Tabatadze, N., Mshvildadze, V. (2020). Traditional uses and phytochemistry of the genus *Daphne*. *Fitoterapia*, 143, 104540.
- 8 Murashige, T., Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, 15(3), 473-497.
- 9 Murthy, H.N., Bandyopadhyay, S., Grisse, W. (2014). Plant secondary metabolism: Engineering and applications. *Plant Cell Reports*, 33, 1085-1102.
- 10 Thorpe, T.A. (2007). History of plant tissue culture. *Molecular Biotechnology*, 37, 169-180.
- 11 Ziv, M., Shemesh, Y. (2019). Temporary immersion - An advanced tool for improving *in vitro* plant propagation. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 136, 253-270.
- 12 Горбунов, Ю.Н., Дзыбов, Д.С., Кузьмин, З.Е., Смирнов, И.А. (2008). *Методические рекомендации по реинтродукции редких и исчезающих видов растений (для ботанических садов)*. - Тула: Гриф и К.
- 13 Prashant S., Bhawana, M. (2024). An update on biotechnological intervention mediated by plant tissue culture to boost secondary metabolite production in medicinal and aromatic plants. *Physiologia Plantarum*, 176(4), - DOI:10.1111/ppl.14400.
- 14 Jalota K., Sharma V., Agarwal C. (2024). Eco-friendly approaches to phytochemical production: elicitation and beyond. *Natural Products and Bioprospecting*, 14(5). DOI:10.1007/s13659-023-00419-7.
- 15 Thakur R., Sood A. (2006). An efficient method for explant sterilization for reduced contamination. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 84, 369-371.
- 16 Leifert, C., Cassells, A.C. (2001). Microbial hazards in plant tissue and cell cultures. *In vitro Cellular Developmental Biology-Plant* 37. 133-138
- 17 Bhojwani, S.S., Dantu, P.K. (2013). *Plant tissue culture: An introductory text*. Springer, Dordrecht.

18 Sahu, P.K., Tilgam, J., Mishra, S., Hamid, S., Gupta, A.K.J. (2022). Surface sterilization for isolation of endophytes: Ensuring what (not) to grow. *J Basic Microbiol.* 647-668. DOI:10.1002/jobm.202100462

19 Tagimanova, D., Raiser, O., Danilova, A., Turzhanova, A., Khapilina, O. (2024). Micropropagation of Rare Endemic Species *Allium microdictyon* Prokh. Threatened in Kazakhstan Altai. *Horticulturae*, 10(9). DOI:10.3390/horticulturae10090943

20 Сельдиминова, О.А., Круглова, Н.Н., Зинатуллина, А.Е. (2017). Роль фитогормонов в индукции каллусогенеза и регуляции путей морфогенеза каллусов злаков *in vitro*: обзор проблемы *Научный результат. Физиология*, 3(1), 8-13.

References

1 Nowakowska, K., Pacholczak, A., Nongdam, P., Samsurizal, N. A., Pacholczak, A. (2023). An efficient micropropagation protocol for the endangered European shrub February daphne (*Daphne mezereum* L.) and identification of bacteria in culture. *Agriculture*, 13(9), 1692. DOI:10.3390/agriculture13091692.

2 Nowakowska, K., Pacholczak, A., Tepper, W. (2019). The effect of selected growth regulators and culture media on regeneration of *Daphne mezereum* L. 'Alba'. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*, 30, 197-205. DOI:10.1007/s12210-019-00777-w.

3 Mala, J., Bylinsky, V. (2004). Micropropagation of endangered species *Daphne cneorum*. *Biologia Plantarum*, 48(4), 633–636.

4 Tergenbayeva, Zh. T., Karasholakova, L.N., Dakiyeva, K.Zh. (2022). Distribution and coenoflora of *Daphne altaica* (Thymelaeaceae), a rare endemic species from Eastern Kazakhstan. *Vestnik KazNU. Biological Series*, 2(91), 58-69.

5 Ku, S.S., Woo, H.-A., Shin, M.J., Jie, E.Y., Kim, H., Kim, H.-S. (2023). Efficient plant regeneration system from leaf explant cultures of *Daphne genkwa* via somatic embryogenesis. *Plants*, 12(11), 2175. DOI:10.3390/plants12112175.

6 Mala, J. (2004). Conservation strategies for endangered *Daphne* species. *Acta Mus Richnoviensis Sectio Naturalis*, 5, 133-160.

7 Moshiaishvili, G., Tabatadze, N., Mshvildadze, V. (2020). Traditional uses and phytochemistry of the genus *Daphne*. *Fitoterapia*, 143, 104540.

8 Murashige, T., Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, 15(3), 473-497. DOI:10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x.

9 Murthy, H.N., Bandyopadhyay, S., Grisse, W. (2014). Plant secondary metabolism: Engineering and applications. *Plant Cell Reports*, 33, 1085-1102.

10 Thorpe, T.A. (2007). History of plant tissue culture. *Molecular Biotechnology*, 37, 169-180. DOI:10.1007/s12033-007-0010-9.

11 Ziv, M., Shemesh, Y. (2019). Temporary immersion: An advanced tool for improving in vitro plant propagation. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 136, 253-270. DOI:10.1007/s11240-018-01611-2.

12 Gorbunov, Yu.N., Dzybov, D.S., Kuzmin, Z.E., Smirnov, I.A. (2008). *Methodological recommendations for the reintroduction of rare and endangered plant species (for botanical gardens)*. Tula: Grif i K.

13 Prashant, S., Bhawana, M. (2024). An update on biotechnological intervention mediated by plant tissue culture to boost secondary metabolite production in medicinal and aromatic plants. *Physiologia Plantarum*, 176(4). DOI:10.1111/ppl.14400.

14 Jalota, K., Sharma, V., Agarwal, C. (2024). Eco-friendly approaches to phytochemical production: Elicitation and beyond. *Natural Products and Bioprospecting*, 14(5). DOI:10.1007/s13659-023-00419-7

15 Thakur, R., Sood, A. (2006). An efficient method for explant sterilization for reduced contamination. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 84, 369-371. DOI:10.1007/s11240-005-9027-5.

16 Leifert, C., Cassells, A.C. (2001). Microbial hazards in plant tissue and cell cultures. *In vitro Cellular Developmental Biology-Plant* 37. 133-138

17 Bhojwani, S.S., Dantu, P.K. (2013). *Plant Tissue Culture: An Introductory Text*. Dordrecht: Springer. DOI:10.1007/978-94-007-6540-8.

18 Sahu, P.K., Tilgam, J., Mishra, S., Hamid, S., Gupta, A.K., J. (2022). Surface sterilization for isolation of endophytes: Ensuring what (not) to grow. *Journal of Basic Microbiology*, 62, 647–668. DOI:10.1002/jobm.202100462.

19 Tagimanova, D., Raiser, O., Danilova, A., Turzhanova, A., Khapilina, O. (2024). Micropropagation of the rare endemic species *Allium microdictyon* Prokh. threatened in Kazakhstan Altai. *Horticulturae*, 10(9). DOI:10.3390/horticulturae10090943.

20 Seldimirova, O., A., Kruglova, N.N., Zinatullina, A.E. (2017). The role of phytohormones in callus induction and regulation of morphogenesis pathways in cereal calli *in vitro*: A review. *Research Result. Physiology*, 3(1), 8-13.

Оптимизация этапа введения в культуру *in vitro* *Daphne altaica* Pall.

Туменбаева А.Р., Тагиманова Д.С., Райзер О.Б., Хапилина О.Н.

Аннотация

Предпосылки и цель. *Daphne altaica* Pall. – ценное лекарственное растение, используемое в традиционной медицине для лечения множества заболеваний, является казахстанским эндемиком, распространённым на ограниченных территориях Восточного Казахстана. Ограниченный ареал, низкая семенная продуктивность и медленный рост затрудняют естественное размножение и сохранение данного вида. Биотехнологические приемы размножения могут сохранить естественное биоразнообразие дикорастущих популяций, и позволят в достаточной степени обеспечить фармацевтическую промышленность. В связи с этим целью исследования являлось изучение влияния различных методов стерилизации и концентраций фитогормонов на эффективность введения *Daphne altaica* в культуру *in vitro* и формирование микропобегов.

Материалы и методы. В качестве исходного растительного материала использовали почечные explantы *Daphne altaica* Pall. Для получения асептической культуры были протестированы различные режимы поверхностной стерилизации, наиболее эффективным оказался 0,01%-ный раствор $HgCl_2$ с экспозицией 20 минут. Микроклональное размножение проводили на питательной среде Мурасиге Скуга (МС) с различными регуляторами роста, а также оценивали влияние их комбинаций на рост и морфогенетическую активность explantов.

Результаты. Стерилизация в 0,01%-ном растворе $HgCl_2$ обеспечивала высокий уровень асептики при сохранении жизнеспособности тканей. На питательной среде наблюдалось активное прорастание почек и формирование побегов. Наилучшие показатели микроклонального размножения были получены на среде МС-R-4 с добавлением 1,0 мг/л БАП и 0,1 мг/л НУК, что способствовало интенсивному формированию морфологически полноценных микропобегов с хорошо развитыми листьями *in vitro*.

Закключение. Разработанная методика обеспечивает эффективное получение стерильных микропобегов *Daphne altaica* Pall. в условиях культуры *in vitro*. Применение данного подхода способствует сохранению генетических ресурсов вида, его массовому размножению и снижению антропогенной нагрузки на природные ценопопуляции.

Ключевые слова: *Daphne altaica* Pall.; фитогормоны; *in vitro*; стерилизация; питательная среда.

Optimization of the *in vitro* culture introduction stage of *Daphne altaica* Pall.

Tumenbayeva A.R., Tagimanova D.S., Raiser O.B., Khapilina O.N.

Abstract

Background and Aim. *Daphne altaica* Pall. is a valuable medicinal plant used in traditional medicine for the treatment of various diseases. It is endemic to Kazakhstan and has a restricted distribution range, occurring only in limited areas of Eastern Kazakhstan. Its narrow distribution, low seed productivity, and slow growth hinder the natural propagation and conservation of this species. Biotechnological propagation techniques can contribute to the preservation of the natural biodiversity of wild populations and ensure an adequate supply of plant material for the pharmaceutical industry. Therefore, this study aimed to investigate the effects of different sterilization methods and concentrations of phytohormones on the efficiency of introducing *Daphne altaica* into *in vitro* culture and on microshoot formation.

Materials and Methods. Bud explants of *Daphne altaica* Pall. were used as the initial plant material. Various surface sterilization regimes were tested to obtain aseptic cultures, with the most effective treatment being a 0.01% HgCl_2 solution for 20 minutes. Micropropagation was carried out on Murashige and Skoog (MS) medium with different growth regulators, and the effects of their combinations on explant growth and morphogenetic activity were evaluated.

Results. Sterilization with 0.01% HgCl_2 provided a high level of asepsis while maintaining tissue viability. Active bud sprouting and shoot formation were observed on the culture medium. The best micropropagation results were obtained on the MS-R-4 medium supplemented with 1.0 mg/L BAP and 0.1 mg/L NAA, which promoted intensive formation of morphologically complete microshoots with well-developed leaves *in vitro*.

Conclusion. The developed method enables the efficient production of sterile microshoots of *Daphne altaica* Pall. under *in vitro* conditions. This approach contributes to the conservation of the species' genetic resources, facilitates its mass propagation, and reduces anthropogenic pressure on natural populations.

Keywords: *Daphne altaica* Pall.; phytohormones; *in vitro*; sterilization; culture medium.

**С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университетінің
Еуразиялық агротехникалық журналы**

АВТОРЛАРҒА АРНАЛҒАН НҮСҚАУЛЫҚ

ЖАЛПЫ ЕРЕЖЕЛЕР

Еуразиялық агротехникалық журнал: пәнаралық журналы рецензияланған түпнұсқа мақалалар мен тақырыптық шолуларды келесі бағыттар бойынша жариялайды:

- Ауыл шаруашылығы ғылымдары;
- Биология ғылымдары;
- Техника ғылымдары;
- Гуманитария ғылымдары;
- Экономика ғылымдары.

Журнал Ғылыми қызметтің нәтижелерін жариялау үшін ұсынылатын басылымдар тізбесіне ауыл шаруашылығы ғылымдары бойынша екінші деңгейлі ғылыми басылым болып енгізілген.

Басылым тілі – қазақ, орыс, ағылшын тілі.

Мақалаларды жариялау ақылы негізде жүзеге асырылады. Төлем бірінші (корреспондент) автордың жұмыс орны бойынша есептеледі.

Қолжазбаны тапсыру Open Journal System онлайн платформасы арқылы жүзеге асырылады.

Қолжазбаны жібермес бұрын <http://bulletinofscience.kazatu.edu.kz/index.php/bulletinofscience/user/register> сілтемесі арқылы автор ретінде тіркеліп, қолжазбаны жүктеп салу қажет.

Авторды тіркеуге арналған бейне-нұсқаулық қосымшада берілген <https://www.youtube.com/watch?v=UeZIKY4bozg>.

Еуразиялық агротехникалық журнал: пәнаралық журналы екі рет беймәлім (жасырын) рецензияны пайдаланады, яғни рецензия беруші мен автордың жеке басы барлық рецензиялау процесінің кезеңдері аяқталғанға дейін әшкерленбейтін болады. Рецензенттерге жіберер алдында қолжазбалар журнал талаптарына сәйкестігін тексеру үшін редакцияның алдын ала тексеруінен өтеді.

Қолжазбалар плагиатқа қарсы Антиплагиат лицензиялық жүйесінде тексеріледі және мәтіннің 70%-дан кем емес түпнұсқалығымен қабылданады. Әрі қарай зерттеудің жаңалығы, зерттеу нәтижелерінің жаңғыртылатындығы, нәтижелердің түпнұсқалығы, қолжазбаның құрылымы мен форматына сәйкестігі, қорытындылардың маңыздылығы сияқты критерийлер тексеріледі.

Көрсетілген критерийлерге сәйкес келмейтін қолжазбалар бұл кезеңде қараусыз қабылданбайды.

АВТОРЛАРДЫҢ ЖАУАПКЕРШІЛІГІ

Еуразиялық агротехникалық журнал: пәнаралық журналына қолжазбаны ұсыну арқылы автор(лар) қолжазбаның түпнұсқа жұмыс екеніне және оның бұрын жарияланбағанына немесе қазіргі уақытта басқа журналдарда жариялау қарастырылмағанына кепілдік береді. Сондай-ақ авторлар басқалардың идеялары мен сөздерінің тиісті атрибуция және/немесе тиісті дәйексөз арқылы дұрыс мойындалуын қамтамасыз етеді. Нәтижелерді бұрмалауға және қолжазбаны қабылдамауға немесе жарияланған мақаланы қайтарып алуға әкелетін қасақана дәйексіз мәлімдемелерге жол берілмейді.

Авторлардың аты-жөні қолжазбада мақалаға қосқан үлестерінің ретімен көрсетілуі керек. Тек қолжазбаны зерттеуге және дайындауға елеулі үлес қосқан тұлғалар авторлар қатарына қосылуы керек. Мақаланың соңындағы «Алғыс» бөлімінде жұмысты аяқтауға көмектескендерге, сондай-ақ зерттеуді қаржыландырған ұйымдарға алғыс айтылады.

Тиісті автор барлық бірлескен авторлардың мақаланың соңғы нұсқасын оқып, мақұлдағанын және оны жариялауға келісімін беруі керек. Қолжазбаның барлық авторлары жіберілген ақпарат үшін жауапты. Журнал алдын ала қабылданғаннан кейін авторлық өзгерістер енгізуге жол бермейді.

РЕЦЕНЗЕНТТЕРДІҢ ЖАУАПКЕРШІЛІГІ

Рецензенттер келесі сілтеме арқылы журналдың веб-сайтында рецензент ретінде тіркелуі керек: <http://bulletinofscience.kazatu.edu.kz/index.php/bulletinofscience/user/register>.

Рецензия екі апта ішінде тапсырылуы керек. Қолжазбада сипатталған идеялар мен гипотезалар құпия сақталуы керек және жеке мақсаттарда пайдаланылмауы қажет.

Жұмыстың нәтижелерін басқа әріптестермен талқылауға немесе ғылыми семинарларды өткізуде, дәрістер оқығанда немесе ғылыми конференцияларда баяндамалар жасағанда пайдалануға болмайды.

Рецензенттер өз пікірлерін анық білдіріп, өз пікірлерін түсіндіре отырып, негіздеп, қолжазбаны бағалауда мүмкіндігінше әділетті болуы талап етіледі. Рецензенттің жұмысты жақсарту бойынша ұсыныстары мен кеңестері, егер ол жариялаудан бас тарту туралы шешім қабылдаса да құпталады.

Рецензенттер жұмыстың жаңалығына және/немесе өзіндік ерекшелігіне, қолжазба мен жарияланған басқа мақалалардың ұқсастығының жоқтығына, қарастырылып отырған тақырыпқа (мәселеге) қатысты мақалаларды келтірген автор(лар)дың толықтығы мен дұрыстығына назар аударғаны абзал.

ЭТИКАЛЫҚ БЕКІТУ

Жануарларды пайдалану арқылы іске асырылатын эксперименттер Халықаралық жануарлар этикасы комитеті немесе институционалдық этика комитеті белгілеген қағидаттарға сәйкес және жергілікті заңдар мен ережелерге сәйкес жүргізілуі керек.

Жануарларды пайдаланатын зерттеулер жергілікті этика комитетінің рұқсатын алып, оған «Материалдар мен әдістер» бөлімінде сілтеме жасалуы керек («Мал шаруашылығы» бағыты бойынша берілетін мақалалардың қолжазбалары үшін).

ҚАБЫЛДАНАТЫН ҚОЛЖАЗБА ТҮРЛЕРІ

- Түпнұсқа мақалалар.
- Шолу мақалалары.

Түпнұсқа және шолу мақалаларының көлемі, аннотация мен пайдаланылған әдебиеттер тізімін қоспағанда, бос орынсыз тиісінше 11 000 және 20 000 таңбадан кем болмауы керек. Қолжазбада шығармаға қатысы жоқ мәтін, иллюстрациялар немесе кестелер болмауы керек.

ҚОЛЖАЗБА ҚҰРЫЛЫМЫ МЕН ФОРМАТЫ

Қолжазбаның құрылымы мен пішімін білу үшін <http://bulletinofscience.kazatu.edu.kz/index.php/bulletinofscience/user/register> сайтындағы соңғы мақалалар мен қолжазба үлгілерін қараңыз (қолжазба үлгісін жүктеп алыңыз <https://bulletinofscience.kazatu.edu.kz/index.php/bulletinofscience/libraryFiles/downloadPublic/54>)

- Мәтінді келесі жиектер өлшемдерін сақтай отырып басып шығару керек: жоғарғы және төменгі – 2 см, сол және оң – 2 см. Туралау – ені бойынша (автоматты дефиспен). ӘОЖ парақтың жоғарғы сол жақ бұрышында көрсетілген.

- Қолжазба Times New Roman 12 шрифтпен, бір жарым аралық интервалмен, MS Word 2010 бағдарламасында терілуі керек.

- Бүкіл мәтін бойынша жолдар нөмірленуі керек.
- Тақырып сипаттамалы және тым ұзақ болмауы керек.

Авторлардың толық аты-жөні мен ORCID, ұйымның атауы және электрондық поштасы көрсетілген титулдық парақ бөлек беріледі (**қолжазбаның титулдық үлгісін жүктеп алыңыз**) <https://bulletinofscience.kazatu.edu.kz/index.php/bulletinofscience/libraryFiles/downloadPublic/51>

Аннотацияның құрылымы келесідей болуы керек: «Негізі және мақсаты», «Материалдар мен әдістер», «Нәтиже» және «Қорытынды»; Аннотацияның көлемі 300 сөзден аспауы керек.

- **Кілт сөздер:** нүктелі үтірмен және жекеше түрде беріледі (4-6 сөз және сөз тіркесі). Аннотация мен кілт сөздер мақаланың соңында екі тілде келтіріледі.

- **Кіріспе қазіргі** әдебиеттерге шолу негізінде тақырыптың немесе мәселенің өзектілігін қысқаша сипаттау, жұмыстың жаңалығын көрсете отырып, мақсаттың маңыздылығын негіздеу.

- **Материалдар мен әдістер** ұсынылған әдістер қайталанатын болуы керек; әдістемелік ерекшеліктеріне бармай-ақ әдістерге қысқаша сипаттама беру; стандартты әдістер дереккөздерге сілтеме қажет; жаңа әдісті пайдаланған кезде толық сипаттама қажет.

- **Нәтижелер және талқылау** кестелер, графиктер және/немесе суреттер арқылы алынған нәтижелердің талдауы; алынған мәліметтердің статистикалық өңдеуі; жұмыстың ең маңызды нәтижелерінің қысқаша сипаттамасы және алынған мәліметтерді басқа зерттеулердің нәтижелерімен салыстыруы; үлгілерді және/немесе қайшылықтарды анықтауы бойынша ақпарат беріледі.

- **Қорытынды** зерттелетін тақырып (мәселе) бойынша қорытынды(лар)ды сипаттау және одан әрі зерттеуді анықтау.

- **Автордың үлестері, алғыстары** қолжазбаға ол жариялауға қабылданғаннан кейін қосылады. Авторлық үлестер: әр автордың қосқан үлесі туралы қысқаша мәлімет береді.

Қаржыландыру туралы ақпарат: жұмыстың қаржыландырылғаны туралы ақпарат беріледі.

• **Әдебиеттер тізімі:** түпнұсқа және шолу мақалаларында соңғы 10 жылда жарияланған дереккөздер сәйкесінше кемінде 40% және 50% болуы керек. Әдебиеттер тізімінде **ғылыми баяндамаларға, диссертацияларға және конференция материалдарының жинақтарына сілтемелер болмауы керек.**

• Мәтіндегі сілтемелер төртбұрышты жақшада [1], [1,2,3] берілуі керек. Анықтамалық нөмір 1 санынан басталып, кіріспе бөлімінен жалғасуы керек. Әдебиеттер тізімі APA (<https://www.bibme.org/citation-guide/APA/book/>) бойынша DOI (бар болса) көрсете отырып дайындалуы керек.

Библиография APA бойынша бірінші тізімде түпнұсқадағы түрінде, екінші тізімде сілтеме <http://translit-online.ru/> бойынша транслитерацияланған түрінде сипатталады. Транслитерация ақпарат көзі қазақ немесе орыс тілдерінде жазылған кезінде жасалады, ағылшын тілінде жазылған жағдайда транслитерация өзгеріссіз қалады.

Мысалы,

APA бойынша библиографияны рәсімдеу:

1 Степанов, АС, Асеева, ТА, Дубровин, КН. (2020). Влияние климатических характеристик и значений вегетационного индекса NDVI на урожайность сои (на примере районов Приморского края). *Аграрный вестник Урала*, 1 (192), 10-19.

APA бойынша библиографияны транслитерациялау:

1 Stepanov, AS, Aseeva, TA, Dubrovin, KN. (2020). Vliyanie klimaticheskikh harakteristik i znachenij vegetacionnogo indeksa NDVI na urozhajnost' soi (na primere rajonov Primorskogo kraja). *Agrarnyj vestnik Urala* [In Russ], 1 (192), 10-19.

ҚЫСҚАРТУЛАР ЖӘНЕ ТЕРМИНДЕР

Қысқартулар қандай да бір терминді алғаш қолданған кезде оның толық атауы көрсетілуі ал жақшаның ішінде аббревиатурасы келтіріледі.

Микроорганизмдер, өсімдіктер және зоологиялық атаулар курсивпен жазылуы қажет.

ӨЛШЕМ БІРЛІКТЕРІ, СИМВОЛДАР, КЕСТЕЛЕР, ИЛЛЮСТРАЦИЯЛАР ЖӘНЕ ФОРМУЛАЛАР

Өлшем бірліктері SI жүйесіне сәйкес көрсетілуі керек. ×, μ, η немесе ν сияқты белгілер пайдаланылса, оларды Word бағдарламасының Times New Roman тіліндегі таңбалар мәзірі арқылы қосу керек.

Таңбалар (°) немесе (×) сияқты таңбалар таңбалар мәзірінде қолданылуы керек және үстіңгі әріптермен көрсетілмеуі керек: «о» немесе «х». Сандар мен өлшем бірліктері (мысалы, 3 кг) және сандар мен математикалық таңбалар (+, −, ×, =, <, >) арасында бос орындар енгізілуі керек, бірақ сандар мен пайыздық таңбалардың (мысалы, 45%) арасына емес.

Кестені бірінші ескерту мәтінінен кейін бірден орналастыру керек. Қолжазбадағы барлық кестелерде олардың нөмірлерін көрсететін сілтемелер болуы керек (мысалы, 1-кесте; 2-кесте және т.б.). Кестенің тақырыбы оның мазмұнын көрсетуі, дәл және қысқа болуы керек. Атын кестенің үстінде, шегініссіз қою керек (мысалы, 1-кесте – *E. granulosus protoscolex* жұқтырған жануарлардың гематологиялық көрсеткіштері). Кестенің аты соңында нүктесіз беріледі. Егер кесте атауы екі немесе одан да көп жолды алып жатса, онда оны бір жол аралығымен жазу керек. Мәтін мен суреттің алдында және кейін 1 интервал қалады.

Иллюстрациялар (сызбалар, диаграммалар, диаграммалар, фотосуреттер және т.б.) бірінші айтылған кезде мәтіннен кейін бірден орналастырылуы керек. Қолжазбадағы барлық иллюстрацияларға сілтеме болуы керек. Сілтеме жасау кезінде сіз «фигура» сөзін және оның нөмірін жазуыңыз керек, мысалы: «2-суретке сәйкес» және т.б. Фигуралардың тақырыбы суреттің ортасына туралау арқылы тікелей суреттің астына жазылуы керек. Мәтін мен суреттің алдында және кейін 1 интервал қалады.

Формулалар. Қарапайым жолды және бір жолды формулаларды арнайы редакторларды қолданбай таңбалармен теру керек (Symbol, GreekMathSymbols, Math-PS, Math A Mathematica ВТТ шрифтітерінің арнайы таңбаларын пайдалануға рұқсат етіледі). Күрделі және көп жолды формулалар толығымен Microsoft Equation 2.0, 3.0 формула редакторында терілуі керек. Формуланың бір бөлігін таңбалармен, ал бөлігін формула редакторында теруге рұқсат етілмейді.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

Әрбір мақалада библиографиялық сілтемелер болуы керек. Келтірілген мақала жарияланған журналдың атауы қысқартылған атау ретінде тиісті журналдың мұқабасынан, сондай-ақ сілтеме

арқылы көрсетілуі керек: www.journalseek.net немесе басқа расталған тізімнен. Журналдың тақырыбы курсивпен жазылуы керек.

ҚОЛЖАЗБАНЫҢ ОРЫНДАЛУ БАРЫСЫН БАҚЫЛАУ

Корреспондент автор ұсынған қолжазбаның қаралу барысын өз есептік жазбасынан бақылай алады. Сонымен қатар, ол жүйемен жасалған электрондық поштаны алады (Сәйкестігі бар мәтіндік құжатты тексеру нәтижелері туралы анықтама; редакцияның және/немесе рецензенттердің түсініктемелері бар хат; қолжазбаны қабылдау және/немесе қабылдамау туралы журнал редакциясының хаты және т. б.).

ҚОЛЖАЗБАНЫ РЕЦЕНЗИЯЛАУ, МӘТІНДІ ДЕРЕКТЕУ ЖӘНЕ МАҚАЛАЛАРДЫ ЖАРИЯЛАУ

Қолжазба рецензиясы. Сарапшылар *Еуразиялық агротехникалық журнал: пәнаралық* журналы сайтына пікірлерін жібергеннен кейін автор электрондық хат алады. Редактор рецензенттердің пікірлерін тексереді және оларды тиісті авторға қосымша түсініктемелері бар немесе онсыз жібереді. Тиісті автор 4 апта ішінде редакторлардың және/немесе рецензенттердің пікірлері негізінде өңделген қолжазбаны ұсынуы керек. Тиісті авторға көбірек уақыт қажет болса, ол редактордың рұқсатын алуы керек. Егер автор рецензенттің ескертулерімен келіспесе, ол әрбір пікірге негіздеме хат береді. Әрбір қолжазба бойынша соңғы шешімді бас редактор қабылдайды.

Мәтінді түзету. Автор(лар) қолжазбаның мазмұнына өздері жауапты. Мәтінді түзетуді бақылау авторлармен де, редакторлармен де өңдеудің әр кезеңінен кейін жасалып отыру керек. Редактор мен рецензенттердің барлық түсініктемелері/сұрақтары, сондай-ақ корреспондент автордың түзетулері мен жауаптары Word бағдарламасындағы рецензиялау функциясын қолдана отырып, қолжазбаның бір мәтінінде жасалу керек.

Басылым. *Еуразиялық агротехникалық журнал: пәнаралық* журналының онлайн және қағаз нұсқасында жарияланған мақалаларға DOI нөмірі (сандық нысан идентификаторы) беріледі.

Жарияланымды төлеу туралы ақпарат

Төлем редакция мақаланы басылымға қабылдағаннан кейін жасалады. «С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университетінің ғылым жаршысы» журналында мақалаларды орналастырғаны үшін төлем мөлшері 2022 жылдың № 53-Н бұйрығымен бекітілген:

Пәнаралық сериясында:

1. «Ауыл шаруашылығы ғылымдары» бөлімінде:
 - С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті қызметкерлерімен білім алушылары үшін – 4 000 (төрт мың) теңге/1бет;
 - Басқа тарап/ұйымдары үшін – 8 000 (сегіз мың) теңге/1бет;
 - Шетелдік авторлардың жеке мақаласы – тегін.
2. «Биология ғылымдары», «Техника ғылымдары», «Гуманитария ғылымдары» және «Экономика ғылымдары» бөлімдері баспасына мақала жариялауға:
 - С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті қызметкерлерімен білім алушылары үшін – 1 000 (бір мың) теңге/1бет;
 - Басқа тарап/ұйымдары үшін – 2 000 (екі мың) теңге/1бет;
 - Шетелдік авторлардың жеке мақаласы – тегін.

Төлем «Мақаланы жариялау үшін» деген белгімен Халық банкінің кассаларында жүргізіледі. Мақаланы жариялауға оң қорытынды алған авторлар келесі мәліметтер бойынша ақы төлеуі керек.

«С.Сейфуллин ат. ҚАТЗУ» КеАҚ-ның «Қазақстан Халық Банкі» АҚ-дағы реквизиттері:

БИН 070740004377

ИИК KZ 446010111000037373 KZT БИК HSBKKZKX

Код 16

КНП: 890

Банк: АРФАО No 119900 «Қазақстан Халық Банкі»

Байланыс телефоны: 8 (7172) 31-02-45;

Электрондық пошта: vestnik_katu@kazatu.kz

Мекен-жайы: 010011, Қазақстан Республикасы, Астана қаласы, Жеңіс даңғылы, 62

Сондай-ақ Kaspi.kz мобильді қосымшасы арқылы (университеттер мен колледждер).

ҚОЛЖАЗБА ҮЛГІСІ

ӘОЖ

Журналға ұсынылған қолжазбаның атауы
(Қолжазбаның атауы бірінші әріпті қоспағанда, кіші әріппен жазылуы керек)

Түйін

Алғышарттар мен мақсат.....

Материалдар мен әдістер.....

Нәтижелер.....

Қорытынды.....(300 сөзден артық емес)

Кілт сөздер:.....(4-6 сөз)

Кіріспе.....

Материалдар мен әдістер.....

Нәтижелер

Талқылау.....

Қорытынды.....

Авторлардың қосқан үлесі.....

Қаржыландыру туралы ақпарат.....

Әдебиеттер тізімі

1 Думова, В.В., Мищенко, А.В., Никешина, Т.Б. (2008). Противовирусные антитела в молозиве и молоке коров. *Российский Ветеринарный журнал*, 49, 40-42.

References

1 Dumova, V.V., Mishchenko, A.V., Nikeshina, T.B. (2008). Protivovirusnye antitela v moložive i moloke korov [Antiviral antibodies in colostrum and cow's milk]. *Rossiiskij Veterinarnyj zhurnal* [Russian Veterinary Journal], 49, 40-42.

Название рукописи, представленной в журнал
Фамилия И.О.

Аннотация

Ключевые слова:(4-6 слов)

Title of the manuscript submitted to the Journal

First name P.(if any) Family

Abstract

Key words:(4-6 words)

ҚОЛЖАЗБАНЫҢ ТИТУЛДЫҚ ҮЛГІСІ

ӘОЖ 631. 46: [631.862:636.2]

Микроағзалардың культуралды сүзіндісінің бидай дәнінің өнгіштігі мен дамуына әсері

Науанова А. П.,¹ Шуменова Н.Ж.,² Алгожина А.Ш.,¹ Макенова М.М.,²
Темирханов А.Ж.,³ Сармурзина З.С.³

¹С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті
2БИО-КАТУ

³Республикалық микроағзалар коллекциясы, Астана, Қазақстан

Корреспондент-автор: Науанова А.П.: nauanova@mail.ru

Бірлескен авторлар: (1:НШ) nazym.shumenova@mail.ru; (2: ММ) m.makenova89@mail.ru
(3:АА) asya.kz@mail.ru; (4:АТ) aszhte@gmail.com; (5: ЗС) sarmurzinazs15@gmail.com

ORCID:

1^{інші} Автор: <https://orcid.org/0000-0003-4597-2697>

2^{інші} Автор: <https://orcid.org/0000-0003-5931-7539>

3^{інші} Автор: <https://orcid.org/0000-0002-9276-1975>

4^{інші} Автор: <https://orcid.org/0000-0002-9375-4594>

5^{інші} Автор: <https://orcid.org/0000-0002-8423-4937>

6^{шы} Автор: <https://orcid.org/0000-0003-5595-4824>

Ескерту: «Авторлардың үлесін» белгілеу үшін авторлардың аты-жөнінің қысқартуларын қолдану керек, мысалы:

Авторлардың қосқан үлесі: АН, НШ және АА зерттеудің тұжырымдамасын жасады және жобалады, жан-жақты әдебиеттерді іздестірді, жиналған деректерді талдап, қолжазбаның жобасын жасады. ММ, АТ және ЗС: қолжазбаның соңғы редакциясын және коррекциясын орындады. Барлық авторлар қолжазбаның соңғы редакциясын оқып, қарап, бекітті.

Қаржыландыру туралы ақпарат

Зертеулер BR18574066 «Биотехнология, экология, ауыл шаруашылығы саласындағы биоқауіпсіздік үшін биотехнологиялық маңызы бар өнеркәсіптік микроорганизмдер биобанкін құру» ғылыми-техникалық бағдарламасының 2022-2024 жылдарға арналған бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру шеңберінде қаржылық қолдаумен орындалды.

ОБРАЗЕЦ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА

УДК 631. 46: [631.862:636.2]

Влияние культуральной вытяжки из микроорганизмов на всхожесть и развитие пшеницы

Науанова А.П.,¹ Шуменова Н.Ж.,² Алгожина А.Ш.,¹ Макенова М.М.,²
Темирханов А.Ж.,³ Сармурзина З.С.³

¹Казахский агротехнический исследовательский университет имени С.Сейфуллина

²БИО-КАТУ

³Республиканская коллекция микроорганизмов, Астана, Казахстан

Автор-корреспондент: Науанова А.П.: nauanova@mail.ru

Соавторы: (1:НШ) nazym.shumenova@mail.ru; (2: ММ) m.makenova89@mail.ru
(3:АА) asya.kz@mail.ru; (4:АТ) aszhte@gmail.com; (5: ЗС) sarmurzinazs15@gmail.com

ORCID:

1^{ый} Автор: <https://orcid.org/0000-0003-4597-2697>

2^{ой} Автор: <https://orcid.org/0000-0003-5931-7539>

3^{ий} Автор: <https://orcid.org/0000-0002-9276-1975>

4^{ый} Автор: <https://orcid.org/0000-0002-9375-4594>

5^{ый} Автор: <https://orcid.org/0000-0002-8423-4937>

6^{ой} Автор: <https://orcid.org/0000-0003-5595-4824>

Примечание: для обозначения «Вклада авторов» следует использовать сокращения имен авторов, например:

Вклад авторов

АН, НШ и АА: концептуализировали и оформили исследование, провели всесторонний поиск литературы, проанализировали собранные данные и подготовили рукопись. ММ, АТ и ЗС: провели окончательную редакцию и вычитку рукописи. Все авторы прочитали, просмотрели и одобрили окончательную редакцию рукописи.

Информация о финансировании

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках программно-целевого финансирования на 2022-2024 годы научно-технической программы BR18574066 «Создание биобанка промышленных микроорганизмов биотехнологического значения для биобезопасности в области биотехнологии, экологии, сельского хозяйства».

SAMPLE TITLE PAGE

UDC 631.46: [631.862:636.2]

Influence of cultural extract from microorganisms on germination and development of wheat

Ainash P. Nauanova¹, Nazymgul Zh. Shumenova², Meruert M. Makenova²,
Asiya Sh. Algozhina¹, Aslan Zh. Temirkhanov³, Zinigul S. Sarmurzina³

¹S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University

²БИО-KATU,

³Republican collection of microorganisms, Astana, Kazakhstan

Corresponding author: Ainash P. Nauanova, nauanova@mail.ru

Co-authors: (1: NSh) nazym.shumenova@mail.ru; (2: MM) m.makenova89@mail.ru
(3: AA) asya.kz@mail.ru; (4: AT) aszhte@gmail.com; (5: ZS) sarmurzinazs15@gmail.com

ORCIDiDs:

1st Author: <https://orcid.org/0000-0003-4597-2697>

2nd Author: <https://orcid.org/0000-0003-5931-7539>

3rd Author: <https://orcid.org/0000-0002-9276-1975>

4th Author: <https://orcid.org/0000-0002-9765-008X>

5th Author: <https://orcid.org/0000-0002-8423-4937>

6th Author: <https://orcid.org/0000-0003-5595-4824>

Note: Abbreviations of author names should be used for “**Authors’ Contributions**”, e.g.:

Authors’ Contributions

AP, NSh and AA: Conceptualized and designed the study, conducted a comprehensive literature search, analyzed the gathered data and drafted the manuscript. MM, AT and ZS: Conducted the final revision and proofreading of the manuscript. All authors have read, reviewed, and approved the final manuscript.

Information on funding

The work was carried out with financial support within the framework of program-targeted financing for 2022-2024 of the scientific and technical program BR18574066 "Creation of a biobank of industrial microorganisms of biotechnological importance for biosafety in the field of biotechnology, ecology, agriculture".

МАЗМҰНЫ

АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ ҒЫЛЫМДАРЫ

Махмаджанов С.П., Костаков А.К., Алиев А.И., Костак О.А.А сабаев Б.С., Махмаджанов Д.С. Создание высокопродуктивных сортов хлопчатника на юге Казахстана.....	4
Айтбаева А.Т., Айтбаев Т.Е., Бурибаева Л.А., Ибрагимова Г.М. Жаңа кешенді биологиялық препараттардың пияз (<i>Allium cepa</i> L.) тұқымының егістік көрсеткіштері мен пиязшықтың өнімділігіне әсері.....	14
Ү.А. Genievskaia, Ү.К. Turuspekov Genetic resistance to major fungal diseases of barley in Kazakhstan: advances, challenges, and breeding perspectives.....	28
A.S. Turbekova, F.M. Kozhakhmetova, H. Demir, R.A. Akzhunis Beyond the yield: light spectrum as a driver of phenotypic reorganization in greenhouse tomato production.....	46
Смагулов Д.Б., Есенғалиев К.Г., Давлетова А.М., Хамзина А.К., Мухаметжарова И.Е. Проявление гетерозиса при скрещивании курдючных овец с баранами мясных пород Suffolk и Dorper.....	56
Арын Б.Е., Ускенов Р.Б., Конджа Ю., Шайкенова К.Х., Калмагамбетов М.Б., Кухар Е.В. Органикалық азықтық қоспасының қазақтың ақбас тұқымды бұқашықтарының өсуі мен дамуына әсері.....	65
Тайшибаева Э.У., Мамырбеков Ж.Ж., Махмаджанов С.П., Айтбаева А.Т., Зоржанов Б.Д. Қазақстанның оңтүстік-шығысы жағдайында топырақ-климаттық жағдайлар мен агротехникалық тәсілдердің қауын дақылының (<i>Cucumis melo</i> L.) өнімділігі мен өнім сапасына әсері.....	78
Мухамадиев Н.С., Чадинова А.М., Меңдібаева Г.Ж., Рысбекова А.М., Фазылбеков Р., Курманғалиева Н.Д. Қызанақтың негізгі зиянкесіне қарсы энтомофагтарды капсулалау және оларды Biodrop арқылы ұшқышсыз ұшу аппаратымен (ҰҰА) қолдану.....	93
Губашев Н.М., Косилов В.И., Аманғалиев Т.Г., Жумағазиева С.М. Рациональное использование генетического потенциала мясного скота при промышленном скрещивании.....	109
Савин Т.В., Жанзаков Б.Ж., Лисенович А.И., Шупанова И.В., Курбанбаев А.И. Отзывчивость острого сорта мягкой пшеницы «Таймас» на минеральные удобрения...	118
Соловьёв О.Ю., Заика В.В., Савинкина Л.И. Влияние различных технологий обработки почвы на баланс органического вещества и биоэнергетическую эффективность возделывания культур в плодосменном севообороте.....	130
Кенжегулова С.О., Звягин Г.А., Куришбаев А.К., Алманова Ж.С., Ержан Д. Оценка эмиссии CO ₂ в зависимости от способа обработки чернозёма обыкновенного Костанайской области.....	141
Омарова К.М., Шайкенова К.Х., Шауенов С.К., Ибраев Д.К., Сәденова М.Қ., Мухаметжарова И.Е. Анализ качества кормов и оптимизация рационов кормления коз на основе использования цифровой программы «Коралл»	155
Нуралиев М.Т., Кенжебаева Т.Е., Ахатова З., Сәденова М.Қ., Амантай С., Омарова К.М. Қазақстан жағдайында тұқымаралық будандастыруды пайдалану кезінде әртүрлі тұқымды сүтті ешкілердің өнімділік және өсімін молайту қасиеттерін бағалау.....	168
Жұмабек Б., Ақшалов Қ.А., Баймуканова О.Н., Бисетаев К.С., Пилипчук А.П., Байшоланов С.С. Топырақ өңдеу жүйелеріне байланысты топырақтың физикалық қасиеттерінің өзгерісі.....	182

Әбуова Д.Қ., Курмангожинов А.Ж., Калачев А.А., Роговский С.В. Дендрохронологическая верификация лесорастительного районирования темнохвойных лесов Юго-Западного Алтая.....	193
S.S. Malikov, Y.G. Zhandiyar, A.E. Aldiyarova, R.S. Bespayeva, Zh.S. Khussainova Integration of digital technologies into water distribution management in irrigation systems....	206
Слямова Н.Д., Бастаубаева Ш.О., Жакатаева А.Н., Жолдасбайұлы Ж., Колусенко М.Г. Биологиялық препараттардың топырақтың микробиологиялық белсенділігіне және органикалық егіншіліктегі жаздық бидайдың өнімділігіне әсері.....	217
Григорчук Н.Ф., Журба Е.А., Артемьева В.А. Создание и характеристика нового сорта сои EURASIA в условиях Восточно- Казахстанской области.....	230
Ибрагимова Г.М., Нусупова А.О., Кошмагамбетова М.Ж., Мавлянова Р.Ф. Продуктивность сортообразцов лука-шалота (<i>Alliumascalonicum</i> L) в условиях Юго-востока Казахстана.....	242
Тен Е.А., Ошергина И.П., Пестова Д.М., Хасанова Г.Ж. Комплексная оценка исходного материала чечевицы (<i>Lens culinaris medik.</i>) крупносеменной группы по признакам экологической пластичности, стабильности и устойчивости к стрессовым факторам в условиях Северного Казахстана.....	252
Жандияр Е.Г., Алдиярова А.Е., Беспяева Р.С., Хусаинова Ж.С., Калашников П.А. Повышение эффективности водораспределения на основе цифровых технологий в условиях изменчивости водных ресурсов Алматинской области.....	267
Түменбаева А.Р., Тагимаanova Д.С., Райзер О.Б., Хапилина О.Н. <i>Daphne altaica</i> Pall. өсімдігін <i>in vitro</i> ортаға енгізу кезеңін оңтайландыру.....	279

Еуразиялық агротехникалық журнал
Eurasian Agrotechnical Journal
Евразийский агротехнический журнал

Сәкен Сейфуллин атындағы

Қазақ агротехникалық зерттеу университеті

№ 2 (130) 2026

Қазақстан Республикасы Мәдениет және ақпарат министрлігімен тіркелген
Мерзімді басылымды тіркеу туралы куәлік
№ KZ80VPY00141955 16 ақпан 2026 ж.
(Алғашқы тіркеу күні мен нөмірі 2002 жылғы 18 ақпандағы № 2692-Ж)

Редакторы: Кокумбекова Н.К.

Техникалық редакторы: Жумабекова М.М.

Компьютерде беттеген: Романенко С.С.

Басуға қол қойылды 30.06.2026; Пішімі 60 x 84¹/₈;
Times New Roman гарнитурасы; Шартты б.т.18,75
Есептік б.т. 19,56; Таралымы 50; Тапсырыс № 26056

Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу
университетінің баспасында басылды,
010011, Астана қ., Жеңіс даңғылы, 62
Анықтама телефондары: + 7 (7172) 31-02-45