



Korkyt Ata University
Since 1977

ХАБАРШЫ
АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ
ғылымдары

ISSN 1607-2782 (print)
ISSN 2958-8367 (online)

№2, (77)

2026

ҚОРҚЫТ АТА АТЫНДАҒЫ ҚЫЗЫЛОРДА
УНИВЕРСИТЕТІНІҢ ХАБАРШЫСЫ

АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ

ҒЫЛЫМДАРЫ



ISSN 1607-2782 (print)
ISSN 2958-8367 (online)

**ҚОРҚЫТ АТА АТЫНДАҒЫ
ҚЫЗЫЛОРДА УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ХАБАРШЫСЫ**

**АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ
ҒЫЛЫМДАРЫ**

№2 (77), 2026

1999 жылғы наурыздан бастап шығады
Выходит с марта 1999 года
Published since March 1999

Жылына төрт рет шығады
Выходит четыре раза в год
Issued quarterly

**Қызылорда/Қызылорда/Kyzylorda
2026**

АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ ҒЫЛЫМДАРЫ

«Ауыл шаруашылығы ғылымдары» сериясы Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі Білім және ғылым саласында сапаны қамтамасыз ету комитеті ғылыми еңбектің негізгі нәтижелерін жариялау үшін ұсынатын ғылыми басылымдар тізбесіне енген (21.02.2022 ж. № 63 бұйрық).

Л.А.Тохетова – ғылыми редактор, ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы, профессор, Қазақстан Республикасы Ұлттық аграрлық ғылымдар академиясының академигі

Редакция алқасы

А.Б.Абуова	ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы, профессор, «Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері ғылыми зерттеу институты» ЖШС, Қазақстан Республикасы
С.С.Арыстанғұлов	ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, доцент, «Ж.Жиембаев атындағы Қазақ өсімдік қорғау және карантин ғылыми зерттеу институты» ЖШС, Қазақстан Республикасы
Ш.О.Бастаубаева	ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, Қазақстан Республикасы Ұлттық аграрлық ғылымдар академиясының академигі, «Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми зерттеу институты» ЖШС басқарма төрағасы
М.Т.Велямов	биология ғылымдарының докторы, профессор, Қазақстан Республикасы Ұлттық аграрлық ғылымдар академиясының Ресей жаратылыстану ғылымдары академиясының және Азық-түлік қауіпсіздігі ұлттық академиясының академигі, «Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері ғылыми зерттеу институты» ЖШС, Қазақстан Республикасы
М.Г. Мустафаев	ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы, профессор, Азербайжан ұлттық ғылым академиясының топырақтану және агрохимия институты, Азербайжан Республикасы
Б.А. Дуйсембеков	биология ғылымдарының кандидаты, доцент, «Ж.Жиембаев атындағы Қазақ өсімдік қорғау және карантин ғылыми-зерттеу институты» ЖШС, Қазақстан Республикасы
Г.Л.Зеленский	ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы, профессор, «Күріш федералды ғылыми-зерттеу орталығы» Федералдық мемлекеттік бюджеттік ғылыми мекеме, Ресей Федерациясы
Н.Ж.Муслимов	техника ғылымдарының докторы, қауымдастырылған профессор, Қазақстан Республикасы Ұлттық аграрлық ғылымдар академиясының академигі, Ш.Мұртаза атындағы халықаралық инновациялық институты, Қазақстан Республикасы
Накиб Уллаһ Хан	PhD, профессор, Ауыл шаруашылығы университеті, Пешавар, Пәкістан Ислам Республикасы
Ш.С.Рсалиев	биология ғылымдарының докторы, доцент, «Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты» ЖШС, Қазақстан Республикасы
А.С.Рсалиев	ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, профессор, «QazBioPharm» Ұлттық холдингі» АҚ, Қазақстан Республикасы
И.А.Таутенов	ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қазақстан Республикасы
К.Н.Тодерич	PhD, Тоттори Университеті, Жапония

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Серия "Сельскохозяйственные науки" включена в перечень научных изданий, рекомендуемых Комитетом по обеспечению качества в сфере образования и науки Министерства образования и науки Республики Казахстан для публикации основных результатов научной деятельности (приказ № 63 от 21.02.2022 г.).

Л.А.Тохетова – научный редактор, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик Национальной академии аграрных наук Республики Казахстан

Редакционная коллегия

А.Б.Абуова	доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», Республика Казахстан
С.С.Арыстангулов	кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ТОО «Казахский научно-исследовательский институт защиты и карантина растений им.Ж. Жиёмбаева», Республика Казахстан
Ш.О.Бастаубаева	кандидат сельскохозяйственных наук, академик Национальной академии аграрных наук Республики Казахстан, ТОО «Казахский научно-исследовательский земледелия и растениеводства», Республика Казахстан
М.Т.Велямов	доктор биологических наук, академик Национальной академии аграрных наук Республика Казахстан, Академик Российской Академии Естествознания и Академик Национальной академии по продовольственной безопасности Российской Федерации, ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», Республика Казахстан
М.Г. Мустафаев	доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Институт почвоведения и агрохимии Национальной академии наук Азербайджана, Республика Азербайджан
Б.А.Дуйсембеков	кандидат биологических наук, доцент, ТОО «Казахский научно-исследовательский институт защиты растений и карантина имени Ж.Жиёмбаева», Республика Казахстан
Г.Л.Зеленский	доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБНУ «Федеральный научный центр риса», Российская Федерация
Н.Ж.Муслимов	доктор технических наук, ассоциированный профессор, член-корреспондент Национальной академии аграрных наук Республики Казахстан, Международный инновационный институт имени Ш.Муртаза, Республика Казахстан
Накиб Улла Хан	PhD, профессор, Аграрный университет, г.Пешавар, Пакистан
Ш.С.Рсалиев	доктор биологических наук, доцент, ТОО «Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства», Республика Казахстан
А.С.Рсалиев	кандидат сельскохозяйственных наук, профессор, АО «Национальный холдинг QazBioPharm», Республика Казахстан
И.А.Таутенов	доктор сельскохозяйственных наук, Кызылординский университет имени Коркыт Ата, Республика Казахстан
К.Н.Тодерич	PhD, Университет Тоттори, Япония.

AGRICULTURAL SCIENCES

Series "Agricultural Sciences" is included in the list of scientific publications recommended by the Committee for Quality Assurance in the field of education and Science of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan for the publication of the main results of scientific work (Order No. 63 dated February 21, 2022)

L.A.Tokhetova – Scientific Editor, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Agrarian Sciences of the Republic of Kazakhstan

Editorial Board

A.B.Abuova	Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry, Republic of Kazakhstan
S.S.Arystangulov	Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, LLP «Kazakh Research Institute of Plant Protection and Quarantine named after Zhazken Zhiembayev», Republic of Kazakhstan
Sh.O.Bastaubaeva	Candidate of Agricultural Sciences, Academician of the National Academy of Agrarian Sciences of the Republic of Kazakhstan, LLP "Kazakh scientific research of agriculture and plant growing»
B.A.Duisembekov	Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, LLP «Kazakh Research Institute of Plant Protection and Quarantine named after Zhazken Zhiembayev», Republic of Kazakhstan
N.Zh.Muslimov	Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Corresponding Member National Academy of Agrarian Sciences of the Republic of Kazakhstan, International Innovation Institute named after Sh.Murtaza
Naqib Ullah Khan	Doctor of Philosophy (PhD), Professor, Agricultural University, Peshawar, Pakistan
Mustafa G. Mustafayev	Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Institute of Soil Science and Agrochemistry of Azerbaijan National Academy of Sciences, Republic of Azerbaijan
A.S.Rsaliev	Candidate of Agricultural Sciences, Professor, JSC "National Holding" QazBioPharm ", Republic of Kazakhstan
S.S.Rsaliev	Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing LLP, Republic of Kazakhstan
I.A.Tautenov	Doctor of Agricultural Sciences, Korkyt Ata Kyzylorda University, Republic of Kazakhstan
K.N.Toderich	Doctor of Philosophy (PhD), Tottori University, Japan
M.T.Velyamov	Doctor of Biological Sciences, National Academy of Agrarian Sciences of the Republic of Kazakhstan, Academician of the Russian Academy of Natural Sciences and Academician of the National Academy for Food Security of the Russian Federation, Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry LLP, Republic of Kazakhstan
G.L.Zelensky	Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Federal Rice Research Center, Russian Federation

Баспа атауы – «Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті»

Баспа адресі – индекс 120014, Әйтеке би, 29А, Қызылорда қ., Қазақстан Республикасы

Наименование издателя – «Қызылординский университет имени Коркыт Ата»

Адрес издателя – индекс. 120014, ул Айтеке би, 29А, г.Қызылорда, Республика Казахстан

Name of the publisher – «Kyzylorda university named after Korkyt Ata»

The publisher's address is an index. 120014, Aiteke bi street, 29A, Kyzylorda, Republic of Kazakhstan

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОРТОИСПЫТАНИЕ СОРТОВ И ГИБРИДОВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В УСЛОВИЯХ РИСОВОЙ СИСТЕМЫ КАЗАХСТАНСКОГО ПРИАРАЛЬЯ

Шермагамбетов К.^{1*}, ведущий научный сотрудник
shermagambetov@internet.ru, <https://orcid.org/0009-0009-7723-8109>

Табынбаева Л.К.², доктор PhD, ассоциированный профессор
laylaklim3@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9721-6737>

Жалбыров А.¹, магистр сельскохозяйственных наук
aidoszhalbyrov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2765-1538>

Байтореева А.Н.¹, магистр сельскохозяйственных наук
aselya-2217@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1895-0456>

Мусирали А.Е.¹, магистр сельскохозяйственных культур
aruzhanmusirali08@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0009-4453-0840>

¹ТОО «Казахский научно-исследовательский институт рисоводства им. И. Жахаева»,
г. Кызылорда, Казахстан

²ТОО «Казахский научно-исследовательский институт земледелия и
растениеводства», Алматинская область, пос. Алмалыбак, Казахстан

Аннотация. В последние годы проблема диверсификации особенно остро стоит в Кызылординской области в результате сложившейся экологической ситуации хронического дефицита оросительной воды, что создает необходимость возделывания маловодопотребляемых культур, к которым можно отнести сахарную свеклу. В данной статье приведены результаты научно-исследовательских и испытательных работ, направленных на выявление наиболее адаптивных к почвенно-климатическим условиям рисовых систем Приаралья, сформировавших более высокие урожаи с высоким содержанием сахара гибридов сахарной свеклы. Полевые опыты проведены на экспериментальном стационаре Казахского НИИ рисоводства им. И. Жахаева, размещенного на первом севообороте, поле 7, где предшественником сахарной свеклы был рис. В качестве изучаемых факторов были десять гибридов сахарной свеклы отечественной и зарубежной селекции. Проведенные исследования в условиях рисовых почв Кызылординской области показывают, что сахарная свекла формировала высокий урожай – 479,2-501,9 ц/га при сахаристости 19,0-20,6%, сбор сахара с одного гектара составил – 89,84-98,73 ц/га, что превышает стандарт на 24,05-32,94 ц/га. Таким образом по совокупности показателей урожайности, сахаристости и сбора сахара лучшими гибридами в условиях рисовых систем можно считать Абулхайыр, Dusuderia, Скала. Эти гибриды рекомендуются использовать для производственных посевов, как перспективные по уровню продуктивности и адаптивности.

Ключевые слова: диверсификация, адаптивность, сахарная свекла, экологическое сортоиспытание, гибриды, урожайность, сахаристость, сбор сахара.

Введение. Сахарная свекла в Республике Казахстан является основной технической культурой, дающей сырье для сахарной промышленности. Побочные продукты и отходы сахарной промышленности имеют определенную ценность в различных отраслях промышленности.

Сахарная свекла – очень пластичная культура. Изменение ее признаков, урожайных свойств в зависимости от почвенно-климатических условий, уровня применяемой агротехники колеблется в больших пределах. Поэтому проведение

экологического сортоиспытания и изучение основных вопросов биологических особенностей культуры важно для введения ее в рисовые севообороты в качестве диверсификационной культуры [1].

В июне 1991 г. в Шамбри (Франция) проходила выставка, посвященная достижениям и перспективам возделывания сахарной свеклы. Показана большая коллекция сортов, начиная с древних времен. Получены высокоурожайные сорта с высоким содержанием сахара, устойчивые ко многим вредителям и болезням. Основные разделы выставки были посвящены технике возделывания свеклы [2].

Сахарная свекла в условиях Кызылординской области – культура относительно новая. Поэтому, важное значение имеет подбор высокопродуктивных сортов, приспособленных к местным условиям. В связи с этим нами ведется экологическое сортоиспытание различных сортов сахарной свеклы. Аналогичная работа по изучению различных сортов сахарной свеклы проведена Калининым А.Т. [3]. Так, в орошаемых условиях 1986-1988 гг. на средневещелочном тяжело-суглинистом черноземе изучены 10 районированных и перспективных сортов и гибридов сахарной свеклы.

На фоне орошения наиболее урожайными были Рамонская МС 18, Юбилейный, Рамонская МС 22, Львовская односемянная 52, наименее урожайными на обоих фонах – Рамонская односемянная 32, Рамонская односемянная 9 и сорт Тетра 1.

Кляченко В.И., Борисюк В.Н. [4] изучали биологические особенности сортов и гибридов сахарной свеклы в различных ценозах. В результате проведенных исследований, установлено, что каждый сорт и каждое растение имеет количественно выраженный в виде коэффициента пропорциональности биологический потенциал, характеризующий его генотип. Распределение этих коэффициентов, присущее данному сорту, является его биопаспортом.

Кулкеев Е.Е. отмечает, что сортам и гибридам принадлежит определенная роль в использовании потенциала почвенно-климатических условий и всех факторов интенсификации земледелия. Новые сорта и гибриды являются ведущим элементом технологии, поскольку от него во много зависят как уровень урожайности, так и выход высококачественной продукции [5,6]. В 1995-1999 гг. в комплексе с селекционерами Казахского НИИ земледелия проводилась работа по оценке 150 сортов и сортообразцов сахарной свеклы местной и зарубежной селекции на устойчивость к фузариозной гнили. В настоящее время сорта Дора, Доротея, Стратое и Роксана возделываются в Алматинской области на площади 9980 га и широко используются в селекционной работе, что позволило получить сортообразцы ПР-25, К-1002, К-1003, К-1518, устойчивые к гнилям, которые переданы в ГСУ республики для дальнейшего исследования [7,8].

При испытании сортов и гибридов сахарной свеклы особое значение имеет адаптация их к местным условиям. Для решения проблемы получения стабильных урожаев требуется изучение адаптивной способности, экологической стабильности и оценка среды для отбора гибридов сахарной свеклы, более устойчивых в местных природно-климатических условиях, что вызывает определенный научный и практический интерес [9].

По данным Национальной ассоциации сахарников Украины сейчас сорта и гибриды отечественной селекции занимают 92% от общей площади посева сахарной свеклы в Украине. Отпускаются на посев калиброванные и инкрустированные семена фракций 3,5-4,5 и 4,5-5,5, при средне-взвешенной всхожести 91%, одноростковости – 94%, выравненности – 93% [10]. Таким образом, литературный обзор дает нам возможность правильно ориентироваться при проведении экологического сортоиспытания сахарной свеклы в условиях Приаралья.

Актуальность. Проблема диверсификации особенно остро стоит в Кызылординской области в результате сложившейся экологической ситуации, хронического дефицита оросительной воды и невысокого уровня занятости населения. В связи с этим, решение задач по увеличению продуктивности сельскохозяйственных культур и их ассортимента в первую очередь связано с диверсификацией растениеводства: технологий возделывания сельскохозяйственных культур, в том числе новых высокопродуктивных сортов и номеров технических культур отечественной и зарубежной селекции, адаптированных к природно-климатической зоне Приаралья, обеспечивающие стабильные урожаи. В то же время посевы риса в Кызылординской области, необходимо сохранять на уровне 75-85 тыс.га в качестве мелиорирующей культуры, так как дальнейшее сокращение посевов риса может привести к катастрофическому росту засоления инженерно-подготовленных земель.

Введение сахарной свеклы в качестве диверсификационной культуры в рисовые севообороты способствует решению следующих вопросов:

- эффективно используется почвенная влага, так как сахарная свекла относится к культурам раннего посева, что дает возможность получить всходы за счет естественной влаги почвы после риса;
- повышается культура земледелия в результате многократных междурядных обработок улучшаются физические свойства почвы на посевах технических культур, снижается засоренность, заболачиваемость, повреждаемость посевов болезнями;
- обеспечение населения Кызылординской области местной продукцией переработки этих культур.

Сахарная свекла является относительно новой культурой. В связи с этим, проведение экологического сортоиспытания сахарной свеклы для изучения биологических особенностей ее с целью подбора сортов, максимально адаптированных к местным условиям, являются весьма актуальным [11].

В условиях засоленных почв рисовых систем Приаралья проводится экологическое сортоиспытание десяти сортов и гибридов сахарной свеклы, для подбора высокоурожайных с высоким качеством перспективных сортов и гибридов и районирования их в рисосеющих хозяйствах области для диверсификации растениеводства области.

Материалы и методы. Включение технических культур в севообороты влияет на общий подъем культуры земледелия, они относятся к ранним культурам, экономно расходующих воду. Являясь галофитной культурой сахарная свекла способствует рассолению почв за счет выноса солей. Свекла является соле-, засухоустойчивой культурой, легко вводится в рисовый севооборот в качестве диверсификационной культуры. Цель исследований – введение сахарной свеклы в рисовые севообороты с целью диверсификации растениеводства зоны Приаралья, направленная на повышение плодородия рисовых почв, поднятие продуктивности и рациональное использование орошаемой пашни. Разработка основных вопросов технологии возделывания данных культур, подбор наиболее высокоурожайных, приспособленных к условиям рисовых почв Приаралья сортов и гибридов на основе экологического сортоиспытания сахарной свеклы обеспечит фермерские хозяйства Кызылординской области научными рекомендациями по выбору лучших сортов и гибридов сахарной свеклы для возделывания в условиях рисовых систем.

Объектом исследования является культура – сахарная свекла: Буря, Скала, Ольжиц, Сонячниц, Smart Iberia, Dusuderia, Болашак, Абулхайыр, Шекер, Ардан. Место проведения исследований – экспериментальный участок Казахского НИИ рисоводства им. И. Жахаева, расположенного в поселке Карауылтобе.

Определение сахаристости проводят рефрактометрическим методом.

Открыв нижнюю призму рефрактометра и приводя ее в горизонтальное положение, наносим стеклянной палочкой несколько капель исследуемого раствора. Капли раствора наносят на металлическую оправу с таким расчетом, чтобы после закрывания призм раствор покрыл поверхность призмы.

После закрывания призмы устанавливают окуляр трубы так, чтобы резко был выведен в центре поля зрения. Потом зеркалом освещают поле зрения и вращают винт около дуги от показателя 1, 3 в направлении возрастающих величин до тех пор, пока темной и светлой половинками поля должна быть резкой. Если она радужная, то надо установить четкую грань, уменьшая aberrацию света поворотом винта компенсатора в нижней части трубы. Граница между светлой и темной частями поля зрения должна пройти точно через пересечение линий креста.

После этого записывают показание по дуге, против которого останавливалась черта алидады, предварительно установив окуляр по глазу на дуге.

Определение производят 3-4 раза. Каждый раз при определении отмечается температура по термометру рефрактометра. После каждого определения пробы необходимо тщательно вымыть водой и протереть досуха фильтровальной бумагой обе призмы рефрактометра.

Результаты исследований. Определение сахаристости. В 2024–2025 сельскохозяйственном году в регионе наблюдалось значительное повышение среднесуточной температуры воздуха по сравнению со средне-многолетними показателями – в среднем на $+2,0^{\circ}\text{C}$. Наибольшее превышение отмечено в весенние месяцы, особенно в апреле ($+4,6^{\circ}\text{C}$) и мае ($+3,8^{\circ}\text{C}$), что указывает на тенденцию к потеплению. Распределение осадков в течение года было неравномерным. Осенью и зимой количество осадков близко соответствовало среднему многолетним нормам (88–114%), что способствовало накоплению влаги в почве в холодный период (рисунок 1).



Рисунок 1 – Метеорологические условия 2024–2025 гг.

Однако весна характеризовалась существенным дефицитом влаги – лишь 56,3% от нормы, при этом в мае осадки составили всего 8% от многолетней нормы, что создаёт выраженные условия засухи в критические фазы роста сельскохозяйственных культур. Летний период также отличался низким уровнем осадков – 58,7% от нормы, причём в июле осадков не

зафиксировано.

Самая низкая температура воздуха (-14.1°) была 4 марта. Самая высокая температура воздуха (31.9°) была 20 марта (РЕКОРД!).

Самая низкая температура воздуха (9.4°) была 1 мая. Самая высокая температура воздуха (44.0°) была 15 мая (РЕКОРД!).

Самая низкая температура воздуха (14.6°) была 26 июня. Самая высокая температура воздуха (42.6°) была 17 июня.

Самая низкая температура воздуха (17.8°) была 1 июля. Самая высокая температура воздуха (44.5°) была 18 июля.

Самая низкая температура воздуха (13.8°) была 31 августа. Самая высокая температура воздуха (39.0°) была 11 августа.

В целом, гидротермические условия 2024–2025 года можно охарактеризовать как неблагоприятные для роста и продуктивности сельскохозяйственных культур, особенно в весенне-летний период, когда наблюдалось сочетание высоких температур и недостатка осадков. Эти условия привели к определенному снижению полевой всхожести и ограниченному развитию генеративных органов растений сахарной свеклы. Из-за недостаточности влаги в почве всходы семян появлялись запоздалыми и совпадали со сроками затопления рисовых чеков в первой декаде мая.

Экологическое сортоиспытание сахарной свеклы. В повышении продуктивности сахарной свеклы наряду с качественной агротехникой большая роль принадлежит экологическому сортоиспытанию и внедрению в производство выделившихся, с высокими технологическими качествами сортов и гибридов, а также использованию в посевах семян с надлежащими посевными качествами (имеется предварительная договоренность по внедрению с хозяйством «Ер-Элі» Жалагашского района Кызылординской области).

Особенности роста свекловичного растения в условиях рисовых систем Приаралья. Сахарная свекла – двулетнее растение, относится к роду Beta vulgaris семейства Маревых Chenopodiaceae. Сорта сахарной свеклы представляют собой популяцию, состоящую из отдельных биотипов, отличающиеся друг от друга по морфологическим, физиологическим и другим признакам. В целом, они тесно взаимосвязаны между собой, их совокупность характеризует тот или иной сорт ту или иную форму сахарной свеклы. В течение первого года жизни свекловичное растение образует мощный листовой аппарат и корнеплод с высоким содержанием сахара. Сахарная свекла пластичная культура. Вариабельность признаков, урожайных свойств в зависимости от почвенно-климатических условий, уровня применяемой агротехники колеблется в больших пределах [12-16] (Таблица 1).

Таблица 1 – Схема закладки полевого опыта по экологическому сортоиспытанию образцов сахарной свеклы, 2024-2025 годы

1м	Защитная зона									
30м II-повторность	Ардан	Шекер	Абулхайыр	Болашак	Dusuderia	Smart Iberia	Сонячный	Ольжич	Скала	Буя
1м	ЗАЩИТНАЯ ЗОНА									
30м I-повторность	Буя	Скала	Ольжич	Сонячный	Smart Iberia	Dusuderia	Болашак	Абулхайыр	Шекер	Ардан
1м	ЗАЩИТНАЯ ЗОНА									

Проведенные исследования в условиях засоленных почв рисовых систем Кызылординской области показывают, что сахарная свекла обладает высокой солеустойчивостью, формируя высокий урожай – 470,2-620, ц/га при сахаристости от 19-21,5 %. Опыт по проведению экологического сортоиспытания сахарной свеклы заложен 15 апреля на стационаре института – севооборот 1; поле 7; карта 4; чек 2 по предшественнику рисовищу, испытание проводилось десятью сортами и гибридами, переданных Казахским НИИ земледелия и растениеводства.

Повторность – 2-х кратная

Площадь делянки:

Длина делянки – 20 м,

ширина делянки – 2,0 м делянки,

междурядье – 60 см,

глубина заделки семян – 3,0 см,

расстоянием между семенами – 7 см.

Проведены следующие анализы и наблюдения:

влажность почвы;

температура почвы и воздуха;

наступление вегетационных фаз роста и развития растений сахарной свеклы;

биометрический анализ клубней сахарной свеклы;

содержание сахара в корнеплодах.

Посев семян по предшественнику рисовищу. Перед посевом по зяблевой обработке, проведенной осенью прошлого года, проведена подготовка почвы, включающая малование зяби, внесение минеральных удобрений из расчета аммофос – 110 кг/га; калий 110 кг/га; мочевина из расчета N 90 кг/га. Следом проводили фрезерование.



Рисунок 1 – Подготовка почвы опытного участка к посеву сахарной свеклы



Рисунок 2 – Ручной посев семян сахарной свеклы

Результаты исследований по экологическому сортоиспытанию сахарной свеклы показали, что их посевы очень сильно засоряются осоковыми и однолетними сорняками. Поэтому необходимо подобрать более эффективные гербициды, которые уничтожают полностью всходы этих сорняков. По данным первого года можно сделать предварительный вывод, что в условиях рисовых систем применения гербицидов на посеве сахарной свеклы является обязательным элементом технологии ее возделывания.

Таблица 2 – Результаты экологического сортоиспытания сортов и гибридов сахарной свеклы

Сорт (гибрид)	Урожайность, ц/га	+ к стандарту, ц/га	Сахаристость, %	+ к стандарту, ц/га	Сбор сахара, ц/га	+ к стандарту, ц/га	% к стандарту
Шекер, st.	351,8	0,0	17,4	0,0	61,00	0,0	100,00
Буря	465,6	+113,8	18,4	+1,0	85,46	+24,46	140,1
Абулхайыр	481,1	+129,3	19,5	+2,10	93,47	+32,47	153,2
Болашак	447,4	+95,6	18,5	+1,10	82,43	+21,43	135,1
Скала	441,5	+89,7	18,1	+0,7	79,78	+18,78	130,8
Сонячный	422,0	+70,2	17,8	+0,4	71,96	+10,96	118,0
Ольжик	416,3	+64,5	18,6	+1,2	77,26	+16,26	126,7
Ардан	382,0	+30,2	17,6	+0,2	67,23	+6,23	110,9
Smart Iberia	432,8	+81,0	18,3	+0,9	79,21	+18,21	129,9
Dusuderia	501,9	+150,1	17,9	+0,5	89,84	+28,84	147,3
НСР _{0,5}	26,5		0,6		4,8		

Выводы. На основании проведенных исследований можно заключить, что в условиях рисовой системы Кызылординской области оптимальным сроком посева сахарной свеклы следует считать 2-ю декаду апреля. Оптимальным способом посева сахарной свеклы является вариант «60х5», при котором обеспечивается наибольший выход корней с единицы площади, равномерность размещения свекловичных растений в рядках, что дает возможность оставлять при прорывке хорошо развитые мощные растения. Являясь галофитной культурой сахаристость сахарной свеклы в условиях рисовых систем Приаралья составляет в среднем свыше 21,1%.

По урожайности корнеплодов наибольшие показатели отмечены у гибридов Dusuderia (501,9 ц/га) и Абулхайыр (479,2 ц/га), что превышает стандарт Шекер соответственно на +119,4 и +96,7 ц/га. Существенная прибавка урожая у данных гибридов указывает на их высокий потенциал адаптации к условиям увлажнённых почв и высокой температурной амплитуды в период вегетации.

По сахаристости выделились гибриды Абулхайыр (20,6%), Болашак (19,0%), Скала (18,6%), Ольжик (18,6%) и Буря (18,5%), что превышает стандарт на 1,3–3,4%. Это свидетельствует о высоком генетическом потенциале данных форм по накоплению сахарозы в условиях умеренного теплового и водного стресса.

Сбор сахара как интегральный показатель продуктивности продемонстрировал наиболее высокие значения у гибридов Абулхайыр (98,7 ц/га), Dusuderia (89,8 ц/га) и Скала (85,5 ц/га). Их преимущество над стандартом составило 32,9–24,0 ц/га, что статистически достоверно превышает НСР_{0,5}.

Благодарность. Представленная работа выполнена в рамках программно-целевого

финансирования Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан по бюджетной программе 267, BR22885311 «Создание высокопродуктивных сортов/гибридов технических культур с использованием классической селекции и достижения биотехнологии, разработка сортовой технологии и организация первичного семеноводства» (2024-2026 гг).

Литература

- [1] **Тохетова, Л.А.** Технические культуры // Система сельскохозяйственного производства Кызылординской области: Рекомендации, раздел 3.4 “Бастау”, 2002. – С. 150-173.
- [2] **Trocchi, Giorgio.** Сахарная свекла – культура с будущим // *Agricoltura*. – 1991. – Vol. 60. – №710. – С. 798-800.
- [3] **Калинин, А.Т.** Орошаемым полям – продуктивные сорта // Сахарная свекла: производство и переработка. – 1991. – №2. – С. 39-40.
- [4] **Кляченко, В.И.,** Борисюк В.А. Биологические особенности сортов и гибридов сахарной свеклы в различных ценозах // Физиол.-биохим. основы продукт.сах.свеклы // ВНИИ сахарной свеклы. – Киев, 1989. – С. 63-76.
- [5] **Кулекеев, Е.Е.** Агроэкологическая оценка новых гибридов и сортов сахарной свеклы в условиях Жамбылской области // ЕСУ. VII. – 2014.
- [6] **Мауи, А.А.** К изучению устойчивости сахарной свеклы фузариозной гнили // Проблемы экологии АПК, Усть-Каменогорск, 2000. – С. 79-81.
- [7] **Мауи, А.** Влияние органических удобрений на развитие болезней корнеплодов сахарной свеклы в период вегетации // Вестник с-х. науки, – 2002. – №5. – С.30.
- [8] **Бастаубаева, Ш.О.,** Коныбеков К.Т., Мусогоджаев Н.Т., Елназаркызы Р. Экологическое сортоиспытание гибридов сахарной свеклы // Свекловодство. Земледелие и защита растений. – 019. – №5.
- [9] **Тохетова, Л.А.,** Шермагамбетов К. Влияние сроков и способов посева на урожайность сахарной свеклы в условиях Приаралья // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана «Бастау», 2003. – № 6. – С. 30-31.
- [10] **Тохетова, Л.А.,** Шермагамбетов К., Сариев Б.С., Джумаханов Б. Теоретические и прикладные аспекты диверсификации растениеводства в условиях Казахского Приаралья // НПЖ «Кишоварз» Таджикский аграрный университет, 2004. – № 2. – С. 26-28.
- [11] **Шермагамбетов, К.,** Тохетова Л.А., Карлыханов А. Облыста қант қызылшасы дақұлын өндіріске енгізудің ғылыми негіздері // Вестник Кызылординского государственного Университета им. Коркыт Ата, 2002. – №1. – С. 120-121.
- [12] А.с. С13Д 1/00. Способ определения сахара в корнях свеклы // Рамазанова С.Б. и др. Казахский НИИ земледелия им. В.Р. Вильямса, 15.12.94.
- [13] **Мауи, А.А.** К изучению устойчивости сахарной свеклы фузариозной гнили // Проблемы экологии АПК, Усть-Каменогорск, 2000. – С. 79-81.
- [14] **Мауи, А.А.** Влияние органических удобрений на развитие болезней корнеплодов сахарной свеклы в период вегетации // Вестник сельскохозяйственные науки, 2002. – №5. – С. 30-31.
- [15] **Шермагамбетов, К.,** Тохетова Л.А. Қызылорда облысының күріш жүйесінде қант қызылшасын өсірудің ерекшеліктері // Жаршы, 2005. – № 4. – С. 23-27.
- [16] **Шермагамбетов, К.,** Байтанатова А.К., Жалбыров А., Дуйсен А.Д., Мусирали А.Е. Влияние способа обработки семян и сроков посева на продуктивность сахарной свеклы в условиях рисовой системы Приаралья // Вестник Кызылординского университета им. Коркыт Ата, 2025. – № 3(74). – С. 140-148 <https://doi.org/10.52081/bkaku.2025.v74.i3.292>

References:

- [1] **Tohetova, L.A.** Tehnicheskie kul'tury // Sistema sel'skhozajstvennogo proizvodstva Kyzylordinskoy oblasti: Rekomendacii, razdel 3.4 “Bastau”, 2002. – S. 150-173. [in Russian]
- [2] **Trocchi, Giorgio.** Saharnaja svekla – kul'tura s budushhim // *Agricoltura*. – 1991. – Vol. 60. – №710. – S. 798-800. [in Russian]

- [3] **Kalinin, A.T.** Oroshaemym poljam – produktivnye sorta //Saharnaja svekla: proizvodstvo i pererabotka. – 1991. – №2. – S. 39-40. [in Russian]
- [4] **Kljachenko, V.I.,** Borisjuk V.A. Biologicheskie osobennosti sortov i gibridov saharnoj svekly v razlichnyh cenoazah // Fiziol.-biohim. osnovy proizvodstva saharnoj svekly // VNI saharnoj svekly. – Kiev, 1989. – S. 63-76. [in Russian]
- [5] **Kulekeev, E.E.** Agrojekologicheskaja ocenka novyh gibridov i sortov saharnoj svekly v uslovijah Zhambylskoj oblasti // ESU. VII. – 2014. [in Russian]
- [6] **Maui, A.A.** K izucheniju ustojchivosti saharnoj svekly fuzarioznoj gnili // Problemy jekologii APK, Ust'-Kamenogorsk, 2000. – S. 79-81. [in Russian]
- [7] **Maui, A.** Vlijanie organicheskikh udobrenij na razvitie boleznej korneplodov saharnoj svekly v period vegetacii // Vestnik s-h. nauki, 2002. – №5. – S.30
- [8] **Bastaubaeva, Sh.O.,** Konysbekov K.T., Musogodzhaev N.T., Elnazarkyzy R. Jekologicheskoe sortoispytanie gibridov saharnoj svekly // Sveklovodstvo. Zemledeli i zashhita rastenij. – 019. – №5. [in Russian]
- [9] **Tohetova, L.A.,** Shermagambetov K. Vlijanie srokov i sposobov poseva na urozhajnost' saharnoj svekly v uslovijah Priaral'ja // Vestnik sel'skohozjajstvennoj nauki Kazahstana «Bastau», 2003. – № 6. – S. 30-31. [in Russian]
- [10] **Tohetova, L.A.,** Shermagambetov K., Sariev B.S., Dzhumahanov B. Teoreticheskie i prikladnye aspekty diversifikacii rastenievodstva v uslovijah Kazahstanskogo Priaral'ja //NPZh «Kishovar» Tadzhijskij agrarnyj universitet, 2004.-№ 2.-S. 26-28. [in Russian]
- [11] **Shermagambetov, K.,** Tohetova L.A., Karlyhanov A. Oblysta qant qyzylshasy daqylyn ondiriske engizudin gylymi negizderi //Vestnik Kyzylordinskogo gosudarstvennogo Universiteta im. Korkyt Ata, 2002. – №1. – S. 120-121. [in Russian]
- [12] A.s. S13D 1/00. Sposob opredelenija sahara v kornjah svekly //Ramazanova S.B. i r. Kazahskij NII zemledelija im. V.R. Vil'jamsa, 15.12.94. [in Russian]
- [13] **Maui, A.A.** K izucheniju ustojchivosti saharnoj svekly fuzarioznoj gnili // Problemy jekologii APK, Ust'-Kamenogorsk, 2000. – S. 79-81. [in Russian]
- [14] **Maui, A.A.** Vlijanie organicheskikh udobrenij na razvitie boleznej korneplodov saharnoj svekly v period vegetacii // Vestnik sel'skohozjajstvennyye nauki, 2002. – №5. – S. 30-31. [in Russian]
- [15] **Shermagambetov, K.,** Tohetova L.A. Qyzylorda oblysynyn kyrish zhyjesinde qant qyzylshasy ondiriske engizudin erekshelekteri // Zharshy, 2005. – № 4. – S. 23-27. [in Russian]
- [16] **Shermagambetov, K.,** Bajtanatova A.K., Zhalbyrov A., Dujsen A.D., Musirali A.E. Vlijanie sposoba obrabotki semjan i srokov poseva na produktivnost' saharnoj svekly v uslovijah risovoj sistemy Priaral'ja // Vestnik Kyzylordinskogo universiteta im. Korkyt Ata, 2025. – № 3(74). – S. 140-148 <https://doi.org/10.52081/bkaku.2025.v74.i3.292> [in Russian]

ҚАЗАҚСТАНДЫҚ АРАЛ Өңірінің күріш жүйесі жағдайында қант қызылшасының сорттары мен будандарын экологиялық сынау

Шермагамбетов К.*¹, жетекші ғылыми қызметкер
Табынбаева Л.К.², PhD доктор, қауымдастырылған профессор
Жалбыров А.¹, ауыл шаруашылығы ғылымдарының магистрі
Байтөреева Ә.Н.¹, ауыл шаруашылығы ғылымдарының магистрі
Мусирали А.Е.¹, ауыл шаруашылығы ғылымдарының магистрі

*«Б.Жақаев атындағы Қазақ күріш шаруашылығы ғылыми зерттеу институты» ЖШС
 Қызылорда қ., Қазақстан
 «Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты» ЖШС, Алматы
 облысы, Алмалыбақ кенті, Қазақстан Республикасы*

Андатпа. Соңғы жылдары қалыптасқан экологиялық жағдай мен суармалы судың созылмалы тапшылығына байланысты Қызылорда облысында ауыл шаруашылығын

әртараптандыру мәселесі ерекше өзекті болып отыр. Бұл жағдай аз су тұтынатын дақылдарды өсіру қажеттілігін туындатады, олардың қатарына қант қызылшасын жатқызуға болады. Мақалада Арал маңы өңірінің күріштік ауыспалы егіс жүйелерінің топырақ-климаттық жағдайларына барынша бейімделген, жоғары өнімділік пен қанттылығы жоғары қант қызылшасы будандарын анықтауға бағытталған ғылыми-зерттеу және сынақ жұмыстарының нәтижелері келтірілген. Далалық тәжірибелер И. Жахаев атындағы Қазақ күріш шаруашылығы ғылыми-зерттеу институтының тәжірибелік стационарында, бірінші ауыспалы егісте, 7-алқапта жүргізілді. Қант қызылшасының алғы дақылы – күріш. Зерттеу нысаны ретінде отандық және шетелдік селекциядағы қант қызылшасының он буданы алынды. Қызылорда облысының күріштік топырақтары жағдайында жүргізілген зерттеулер нәтижесінде қант қызылшасы 479,2-501,9 ц/га деңгейінде жоғары өнім қалыптастырды, қанттылығы 19,0-20,6 % аралығында болды. Бір гектардан алынған қант өнімі 89,84-98,73 ц/га құрап, стандарттан 24,05-32,94 ц/га артық болды. Осылайша, өнімділік, қанттылық және қант шығымы көрсеткіштерінің жиынтығы бойынша Абулхайыр, Dusuderia және Скала будандары күріштік жүйелер жағдайында ең перспективалы деп танылды. Аталған будандар өнімділігі мен бейімделгіштігі жоғары болғандықтан, өндірістік егістерде пайдалануға ұсынылады.

Тірек сөздер: әртараптандыру, бейімделгіштік, қант қызылшасы, экологиялық сортсынау, будандар, өнімділік, қанттылық, қант шығымы.

ECOLOGICAL VARIETY TESTING OF SUGAR BEET VARIETIES AND HYBRIDS IN THE CONDITIONS OF THE RICE SYSTEM OF THE KAZAKHSTAN ARAL SEA REGION

Shermagambetov K.^{1*}, Leading Researcher

Tabynbaeva L.K.², Head of the Sugar Beet Laboratory, PhD, Associate Professor,

Zhalbyrov A.¹, Master of Agricultural Sciences

Baitoreyeva A.N.¹, Master of Agricultural Sciences

Musirali A.E.¹, Master of Agricultural Crops

¹LLP «Kazakh Research Institute of Rice Growing named after I. Zhakhayev», Kyzylorda, Kazakhstan

²LLP "Kazakh Scientific Research Institute of Agriculture and Crop Production", Almaty region, Almalyk village, Kazakhstan

Annotation. In recent years, the problem of agricultural diversification has become particularly acute in the Kyzylorda region due to the prevailing ecological situation and chronic shortage of irrigation water. This necessitates the cultivation of low water-consuming crops, among which sugar beet can be considered a promising option. This article presents the results of scientific research and experimental studies aimed at identifying sugar beet hybrids most adapted to the soil and climatic conditions of rice-based cropping systems of the Aral Sea region, capable of forming high yields with increased sugar content. Field experiments were conducted at the experimental station of the Kazakh Research Institute of Rice Growing named after I. Zhakhayev, located in the first crop rotation, field 7, where rice was the preceding crop for sugar beet. Ten sugar beet hybrids of domestic and foreign breeding were studied as experimental factors. The results obtained under the conditions of rice soils of the Kyzylorda region showed that sugar beet formed high yields ranging from 479.2 to 501.9 c/ha with sugar content of 19.0-20.6%. Sugar yield per hectare amounted to 89.84-98.73 c/ha, which exceeded the standard by 24.05-32.94 c/ha. Thus, based on the combination of yield, sugar content, and sugar yield, the hybrids Abulkhayyr, Dusuderia, and Skala can be considered the most promising under rice-based cropping systems. These hybrids are recommended for commercial cultivation as highly productive and adaptive.

Keywords: diversification, adaptability, sugar beet, ecological variety testing, hybrids, yield, sugar content, sugar yield

**БИОГИДРОГЕЛДІҢ СОРТАНДАНҒАН ТОПЫРАҚТЫҢ АГРОФИЗИКАЛЫҚ
СИПАТТАМАСЫНА ЖӘНЕ АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ ДАҚЫЛДАРЫНЫҢ
ШЫҒЫМДЫЛЫҒЫНА ӘСЕРІ – ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАННЫҢ СУАРМАЛЫ
ЕГІНШІЛІГІ ЖАҒДАЙЫНДА**

Әбдірайымов Ж.С.¹, ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты
jenisagro@rambler.ru, <https://orcid.org/0009-0002-1875-1569>

Тастанбекова Г.Р.^{2*}, қауымдастырылған профессор
gulnara.tastanbekova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3532-5852>

Әзімов А.М.³, PhD
azimov-78@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1316-5854>

Атемов М.А.¹
atemoff@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-0618-8619>

Ақбар Ж.Ж.¹
akbar@pochva.kz, <https://orcid.org/0009-0002-6433-7959>

Әбілов А.У.¹
abil_1956@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-7697-5445>

¹*«Республикалық топырақ орталығы» ЖШС, Шымкент қ., Қазақстан*

²*М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан зерттеу университеті, Шымкент қ., Қазақстан*

³*«Innov Tech Product» ЖШС, Шымкент қ., Қазақстан*

Андатпа. Мақалада мақта мен жүгеріні өсіру кезінде суармалы егіншілік аймағындағы кәдімгі сортаңдалған түрдегі сұр топырақтың агрофизикалық сипаттамасына биогидрогелдің әсері жөніндегі деректер келтірілген.

Жобада сортаңдалған топырақтың құрылымын, олардың агрономиялық көрсеткіштерін қалпына келтіру үшін жыртылатын көкжиекте ылғалдың белгілі бір мөлшерін ұстап тұруға қабілетті биологиялық ыдырайтын гидрогель әзірленгені атап өтілді. Биологиялық ыдырайтын гидрогелдің ылғалды ұстап тұру мүмкіндіктері ауыл шаруашылығы дақылдарының қалыпты дамуы үшін тамыр жүйесі мен топырақ биотасын капиллярлық ылғалдылықпен қоректендіруге мүмкіндік береді.

Өсірілетін ауыл шаруашылығы дақылдарының тамыр аймағында биогидрогелдің әсерінен топырақтың құрылымы өзгереді, ылғал қоры ұлғаяды, егістік көкжиегінде тұздардың саны азаяды. Ылғал қорының ұлғаюының арқасында биогидрогелді топырақтық егістік көкжиекке енгізу ауыл шаруашылығы дақылдарының өнімділігінің ұлғаюына алып келеді. Мақта астына биогидрогельді енгізу есебінен суармалы су гидрогельді қанықтырып егінге айтарлықтай өсім бергені анықталды. Осылайша, биогидрогельдің ең жоғары өсімі 50 кг нұсқасында белгіленді және 30,5% -ды құрады. Ең аз өсім биогидрогель нұсқасында 30 кг - 10,7% құрады. Жүгері жинау нәтижелері бойынша биогидрогель нұсқасы бойынша ең жоғары өнімділік 50 кг және қосымша 28,6% құрағаны, ең төмен қосымша 30 кг және 4,8% құрағаны атап өтілді.

Су сіңіргіш полимерлік биогидрогельдерді қолдану топырақтың сулы-физикалық қасиеттерін жақсарту есебінен топырақтың сортаңдалған түріндегі сұр топырақтың құнарлылығын арттыру тәсілдерінің бірі болып табылады және олар дақылдардың егістіктерін сумен қамтамасыз етуді белсенді басқару тәсілдерінің бірі болуы мүмкін.

Тәжірибелер нәтижесінде биогидрогелді енгізу өсімдіктер өсуінің әртүрлі сатыларында ылғалдың қосымша қорын құрайтыны анықталды.

Жүргізілген зерттеулер ауыл шаруашылығы дақылдарының сумен қамтамасыз етілуі

мен шығымдылығын басқару үшін полимерлік биогидрогельді қолдану тиімділігін көрсетті.

Тірек сөздер: Қосу тығыздығы, жалпы кесінділік, ылғал қоры, жер асты сулары, вегетациялық суарулар

Кіріспе. Гидрогельдер ауыл шаруашылығында топырақтың гидравликалық қасиеттерін жақсарту үшін топырақ қоспалары ретінде пайдаланылды. Ауыл шаруашылығы суды ең жоғары тұтынушылардың бірі бола отырып, топыраққа су күйзелісін болдырмау немесе топырақтың физикалық қасиеттерін жақсарту үшін түзетулер қосылғанда айтарлықтай ұтады [1-3]. Синтетикалық полимерлік материалдарды пайдалана отырып, топырақтың гидрофизикалық жай-күйін жақсарту топырақ ылғалын ұстап қалудың және ауыл шаруашылығы алқаптарының су режимін мелиорациялаудың тиімді инновациялық тәсілі болып табылады [4, 5].

Зерттеудің өзектілігі климаттың қазіргі және болжамды өзгерістерінің аридті аудандарында атмосфералық жауын-шашын мөлшерінің азаюы байқалуымен және соның салдарынан ауыл шаруашылығы дақылдарының сумен қамтамасыз етілуінің нашарлауымен негізделген. Сондықтан өсу кезеңінде өсімдіктердің тіршілік әрекетінің қолайлы жағдайларын ұзартуға қабілетті ылғал қаныққан биополимерлік гельдерді пайдалану жыл сайынғы және тұрақты құрғақшылық факторы бойынша сумен қамтамасыз етуді және өнімділік тәуекелдерін басқарудың перспективалы құралына айналады [6, 7].

Перспективада ылғал сіңіргіш полимерлер «егіншілік пен өсімдік шаруашылығының тұрақтылығын арттыруға, ылғал сақтайтын жаңа технологияларды әзірлеу үшін негіз болуға» [8-10], минералдық тыңайтқыштар мен өсімдіктерді қорғау құралдарын неғұрлым ұтымды пайдалануға, сондай-ақ ауыл шаруашылығы өндірісінің экологиялық тазалығын едәуір арттыруға ықпал етуі мүмкін. Экономикалық тұрғыдан полимер биогидрогельдерді қолдану тиімділігі топырақтың типі мен түріне, болжанатын климаттық өзгерістерге, ауыл шаруашылығы дақылдарының түріне, полимердің құнына және оны енгізу технологиясына байланысты ылғал сіңіргіштің ең аз мөлшерін және өндірілетін өнімді өткізудің бағасын енгізуден алынуы мүмкін» [11].

Шетелде биополимерлік гельдерді пайдалану саласындағы жұмыстар Қазақстанға қарағанда неғұрлым жылдам қарқынмен дамуда. Өнеркәсіптік дамыған елдердің көптеген фирмалары (Жапония, АҚШ, Германия) полимерлік материалдардың коммерциялық өндірісін игерді. Көптеген капиталистік елдерде химия өнеркәсібі қалдықсыз технология бойынша жұмыс істейді. Өнеркәсіптік өндірілетін полимерлердің жоғары сапасы ауыл шаруашылығы өндірісінің қажеттіліктерін қанағаттандыруға және экологиялық таза өнім алуға мүмкіндік береді. Ұсынылып отырған тәсілдің артықшылығы мұнай өңдеу өнеркәсібі қалдықтарының үлкен көлемін пайдалану және су сіңіргіш полимерлердің оңтайлы қасиеттерін жасау үшін физикалық модельдеудің жаңа әдістерін қолдану болып табылады [12]. Әлемнің жетекші 7 SAP өндірушілерінің өндірістік қуаттары (олардың алтауы - Nippon Shokubai, BASF, Evonik, Sumitomo, Seika, San DiaPolymers, LG Chemical сұраныстың 97%-ын құрайды) әлемде 2,2 млн. тоннаға жетті. Сұраныстың өсу себебі - бүкіл әлемдегі техникалық прогресс. Сарапшылардың бағалауы бойынша, 2020 жылға қарай SAP әлемдік өндірісінің өсу қарқыны 7,6%-ды құрады. Бұл ретте нарықтың үлестік үлесі мынадай: 44% Азияға, 31% - АҚШ-қа және 25% - Еуропаға келеді [13].

Қазіргі уақытта мұнай өнімдерінен жасалған дәстүрлі полимерлер өздерінің технологиялық және механикалық қасиеттеріне байланысты өндірістің кейбір бағыттарының талаптарына жауап бермейтініне қарамастан, инновациялық биополимерлермен нарықтан белсенді ығыстырылуда. Алайда биополимерлердің биодеградациялану сияқты қасиеттері бар, бұл оларды ауыл шаруашылығы мен биомедицина үшін өте тартымды етеді [12].

Белгілі бір топырақ-климаттық және гидрогеологиялық жағдайларда суару нәтижесінде топырақтың екінші рет сортаңдануы ауыл шаруашылығы дақылдарының төмен түсімділігінің себептерінің бірі болып табылады. Жыл сайын Қазақстанның оңтүстігіндегі суармалы жерлердің 2%-ы сортаңдану салдарынан айналымнан шығарылады. Егістіктерде жер үсті суларын артық пайдалану топырақ бетіне тұздардың келуін жұмылдыратын жер асты сулары деңгейінің көтерілуіне әкеледі. Топырақ қатты сортаңданған кезде фермерлер оны пайдаланбайды және олар қараусыз қалған жерлерге айналады.

Алайда, сортаңданған топырақтың құрылымын, олардың агрономиялық көрсеткіштерін қалпына келтіру үшін жобада жыртылатын көкжиекте ылғалдың белгілі бір мөлшерін ұстап тұруға қабілетті биологиялық ыдырайтын гидрогель әзірленді. Биологиялық ыдырайтын гидрогелдің ылғалды ұстап тұру мүмкіндіктері ауыл шаруашылығы дақылдарының қалыпты дамуы үшін тамыр жүйесі мен топырақ биотасын капиллярлық ылғалдылықпен қоректендіруге мүмкіндік береді.

Сонымен қатар тұзға төзімді дақылдарды өсіру жүйесін қамтитын оларды қалпына келтіру үшін пайдалануға болатын қымбат емес әдіснамалар бар [13].

Соңғы жылдары жер асты суларының деңгейін төмендету үшін өсімдік ресурстарын биологиялық дренаж ретінде пайдалануға үлкен көңіл бөлінуде. Фитомелиорация агросистемада биоэкологиялық тепе-теңдікті қалыптастыратын құрал болып табылады. Топырақтың тұздануын төмендетудің ең ыңғайлы және арзан тәсілі болып табылады. Жоңышқа вегетация кезеңінде 6-20 м³/га, ал терек (бір өсімдік) 20-100 м³/га су жұмсайтыны анықталды. Бұл ретте өсімдіктің жасына, жер асты суларының деңгейіне, топырақтың механикалық құрамына және басқа да көрсеткіштерге байланысты пайдаланылатын жер асты суларының мөлшері 10-нан 78%-ға дейін өзгеруі мүмкін екендігі көрсетілген [14-16].

Біз жүргізген зерттеулер мақтаны және жүгеріні өсіру тұздануды төмендетудің, топырақтың құнарлылығын арттырудың және жер асты суларының деңгейін төмендетудің тиімді құралы болып табылатынын көрсетті. Ауыл шаруашылығы дақылдарын өсіру агротехникасында биологиялық ыдырайтын гидрогелді қолданудың қазіргі заманғы технологиясы топырақтың агрофизикалық қасиеттерін, топырақтың су ұстау қабілетін едәуір өзгертеді, олардың тұздануын және жер асты суларының деңгейін төмендетеді.

Сортаңданған топырақта биогидрогельді пайдалана отырып, ауыл шаруашылығы дақылдарын өсіру технологиясын әзірлеу және өндіріске енгізу екі проблеманы шешуге ықпал етеді. Біріншіден, әлемдік нарықта үлкен сұранысқа ие мақта талшығы мен жүгері дәнінен жоғары және сапалы өнім алу арқылы Қазақстан Республикасының экспорттық әлеуетін арттыру. Екіншіден, сортаңданған жерлердің экологиялық-мелиоративтік жай-күйін жақсарту арқылы ауыл шаруашылығы өндірісінің экономикалық тиімділігі мен рентабельділігін арттыру.

Зерттеу материалдары мен әдістері: Тұздалған топырақтың сулы-физикалық қасиеттерінің әсеріне биогидрогелді зерттеу бойынша тәжірибелер Түркістан облысының Отырар ауданында салынды. Тәжірибелер «Азия групп» ӘКК аумағында екі дақылда: мақта мен жүгеріде жүргізілді.

«Азия групп» ӘКК аумағы Бугунь кентінің солтүстігінде, Бугунь су қоймасының суармалы егін шаруашылығы аймағында, шамамен 25 км, мынадай координаттар бойынша: 42° 44 '02» N 68° 47' 58» E орналасқан. Жергілікті жер солтүстік-батысқа қарай жалпы әлсіз еңіспен сипатталады. Топырақ кәдімгі сұр топырақпен, орташа қыртысты, тұздардың деңгейі жоғары, әсіресе сульфаттар 3,5 м тереңдікте, яғни жер асты суларының деңгейіне дейін, мұнда су сору концентрациясы ең жоғары мәнге жетеді. Минералдануы 6 г/см³ дейін жетеді. Топырақ қабатының далалық (ең аз) ылғал

сыйымдылығы 0-100 см 3837-3958 м³/га құрайды.

Жер асты суларының деңгейі жыл бойы су балансының кіріс баптарының санына байланысты 1,65-тен 3,2 м-ге дейін өзгереді, ал олардың минералдануы 4-5-тен 5-6,5 г/л-ге дейін ауытқиды. Жер асты суларының режиміне және топырақтың тұзды кернеуіне барлық бақылаулар вегетация кезінде, сондай-ақ көктемгі және күзгі кезеңдерде орындалды.

Су шаруашылығы іс-шараларының үлкен көлемінің жүргізілуіне қарамастан, топырақтың сортаңдануы жандану және кеңею үрдісіне ие. Бұдан басқа, топырақтың сортаңдануының артуына қатты сортаңданған жаңа жерлердің игерілуі, сондай-ақ суармалы сулардың минералдануының артуы себеп болып табылады.

Осы зерттеудің әдістемелік негізі далалық тәжірибе бойынша зерттеулерді қамтамасыз етеді. Егістіктің сумен қамтамасыз етілуін биогидрогельді енгізумен арттыру егістіктен жинауға дейінгі толық циклде, стандартты аудандастырылған өндірістік ауыспалы егісте далалық тәжірибелерде зерттелді; зерттеу және бақылау деректерін өңдеу далалық тәжірибелердің жалпы қабылданған әдістемелері бойынша орындалды [17]. Зерттеулер табиғи үлгілерде және «өсімдік-тамыр сіңетін орта» жүйесінің жекелеген элементтерінде орындалды. Зерттеулер мақта (түрік өндірісінің «Рамзес» сорты) және жүгері («Пионер» буданы, ФАО 600) егістіктерінде орындалды.

Мақта мен жүгеріні егу үшін 30 см тереңдікте жыртылды, жыртылған жерлер арамшөптен тазартылды. Арам шөптер санын азайту мақсатында топырақ жырту жазғы кезеңде жүргізілді, өйткені көпжылдық арамшөптердің тамырлары тезірек құрғап, өміршендігін жоғалтады. Топырақ кесектерін ұсақтау және жүгері мен мақта тұқымдарының оңтайлы себу төсенішін жасау мақсатында ауыр және жеңіл бөренелермен өсіру 2 ізбен жүргізілді. Мақта мен жүгеріні егу 20 сәуірден кейін, топырақ температурасы 10 градусқа жеткен кезде жүргізілді. Егіс кезінде бір мезгілде 300 кг/га тук салмағы есебінен аммофос, биогидрогель бір гектарға 30, 40, 50 кг төрт есе қайталану есебінен тәжірибе нұсқалары бойынша енгізілді. Қатараралық - мақта үшін 90 см, жүгері үшін 70 см. Мақта өсіру кезеңі 145 күнді, жүгері үшін 150 күнді құрады.

Себу алдында топырақтың ылғалдылығы ең аз ылғал сыйымдылығының (АЫС) кемінде 70-75%-ын құрады. Мамыр айында 200 кг/га аммиак селитрасын енгізіп, суарылды. Деректерді статистикалық өңдеу Доспехов бойынша дисперсиялық талдау әдісімен жүргізілді [17].

Зерттеулер нәтижелері және оларды талқылау: Тозған топырақтың биоөнімділігінің артуын сипаттайтын маңызды параметрлердің бірі тамыр жүйесінің қарқынды өсуі және соның салдарынан топырақта органикалық қалдықтардың жиналуы болып табылады. Мақта мен жүгеріні өсіру нәтижесінде топырақтың топырақ қабатының құрылымын қалпына келтіру қабілетіне ие болатыны анықталды. Мысалы, зерттеу кезеңінде тәжірибелік учаскеде топырақтың бітім тығыздығы 0-20 см қабатта мақта бойынша - 1,40 см, жүгеріде - 1,38 г/см³, ал 80-100 см қабатта мақта бойынша - 1,44, жүгеріде - 1,42 г/см³ құрады (1-кесте).

Қатты фазаның тығыздығы бойынша мынадай көрсеткіштер айқындалды: мақта бойынша 60-80 см тереңдікте максимум 2,75 г/см³, ал жүгері тиісінше 2,76 құрады, бұл тәжірибелік учаскенің сортаңданған топырағының әртүрлі механикалық құрамы туралы куәландырады. Бұл ретте, ең жоғары мәндердің жалпы кесіндісі мақтаның қабатында 40-60 см-ге жетеді және 49%-ды құрайды. Жүгеріде, жыртылатын қабатта 0-20 см жалпы кесінділік 51%-ды құрайды, бұл тамыр сіңетін қабатта құмның бар екенін сипаттайды.

Мақта мен жүгеріні өсіру сортаңданған сұр топырақтың аэрациясының жалпы кесіндісі мен кеуектілігіне олардың мәндерін оңтайлы мәнге жақындата отырып, оң әсер ететіні анықталды.

1-кесте – Топырақтың агрофизикалық көрсеткіштерінің динамикасы

Топырақ пішінінің тереңдігі, см	Қатты фазаның тығыздығы, г/см ³		Бітім тығыздығы, г/см ³		Жалпы кеуектілік, %	
	мақта	жүгері	мақта	жүгері	мақта	жүгері
0-20	2,62	2,60	1,40	1,38	48,0	51,0
20-40	2,70	2,68	1,42	1,40	49,0	49,0
40-60	2,65	2,71	1,43	1,39	49,0	49,0
60-80	2,75	2,76	1,44	1,41	47,0	48,0
80-100	2,50	2,62	1,44	1,42	47,5	48,0

Мақта мен жүгерінің тамыр жүйесінің ену тереңдігі даму фазасына және тәжірибе нұсқасына байланысты 0,7-2,6 м құрайды. Бұл топырақ кескінінде тар кеуектер мен арналар желісінің пайда болуы мен дамуын негіздейді. Демек, тамыр аймағында топырақты биологиялық құрғатудың табиғи үздіксіз процесі жүреді.

Тамыр жүйесінің едәуір өсуі жағдайында топырақтың неғұрлым агрономиялық құнды агрегаттарының саны (0,25-10 мм) ұлғаяды, бұл топырақтың тығыздалуына (бітім тығыздығының төмендеуіне) әкеледі. Топырақтың тұзды режимі айтарлықтай дәрежеде су режиміне байланысты екені белгілі. Осыған орай тұзды режиммен қатар топырақтың жер асты суларының орналасу тереңдігімен және суару режимімен анықталатын су режимін де зерттедік. Жүргізілген бақылаулар жер асты сулары вегетациялық суару тоқтағаннан кейін күзгі кезеңде неғұрлым терең жататынын көрсетті. Осы кезеңде олар күзгі-қысқы шайынды суарудың, сондай-ақ жауын-шашынның әсерінен максималды минералдануы 4,5-6,0 г/л 289-315 см тереңдікте ашылды. Көктемге қарай жер асты сулары деңгейінің 180 см дейін көтерілуі байқалады және олардың минералдануы 4,8 г/л дейін азаяды (2-кесте).

Вегетациялық суару нәтижесінде жер асты сулары деңгейінің 170-185 см-ге дейін күрт көтерілуі анықталды. Деңгейдің ауытқу амплитудасы 80-90 см-ге жетті. Бұл жер асты сулары режимінің негізінен суаруға тәуелді екенін, сондай-ақ ауыл шаруашылығы өсіретін дақылдарымен айқындалатынын айғақтайды. Әрбір суарудан кейін жер асты сулары деңгейінің төмендеу жылдамдығы тәулігіне 3,0-ден 3,8 см-ге дейін болды, бұл ретте ол мақта егістігінде азайды.

2-кесте – Бақылау аландарындағы жер асты суларының деңгейі мен минералдануының өзгеруінің орташа мәндері

Дақыл	Бақылау мерзімдері							
	көктем, 01.04.2025		жаз, 01.06.2025, суару алдында		жаз, 01.07.2025, суарғаннан кейін		күз, 01.09.2025	
	Ызасу қабатының тереңдігі, см	минералдандыру г/см ³	Ызасу қабатының тереңдігі, см	минералдандыру г/см ³	Ызасу қабатының тереңдігі, см	минералдандыру г/см ³	Ызасу қабатының тереңдігі, см	Минералдандыру г/см ³
Мақта	185,0	4,8	230,0	5,6	170,0	4,3	195,0	4,8
Жүгері	180,0	4,9	206,0	5,5	185,0	3,8	205,0	4,2

Сонымен, жер асты суларының тереңдігі 170 см болғанда олардың түсу жылдамдығы тәулігіне 3,0 см құрады. Ол кезде 185 см тереңдікте - тәулігіне 3,8 см. Бұл судың транспирацияға жұмсалыуына және ауыл шаруашылығы дақылдарына байланысты болуы мүмкін. Жер асты суларының минералдану серпінін зерделеу оның

кезекті суару алдындағы жазғы кезеңде транспирация мен булануға жұмсалатын ең көп шығыны байқалатын кезде ең жоғары деңгейге жеткенін көрсетеді (2-кесте).

Жер асты суларының жақын орналасуы топырақтың барлық кескінін көтерілетін капиллярлық ерітінділермен ылғалдандыруға ықпал етеді. Бұл жағдай қарастырылып отырған топырақтың ылғалдылық режимін капиллярлық-топырақтық ылғалдандыру түріне жатқызуға мүмкіндік береді. Әрбір суару топырақтың үстінен суармалы сумен және астынан жер асты суларымен қосымша ылғалдануына әкеледі. Топырақ қабатындағы ылғал қоры бірінші суару алдында 0-100 см 2300-2550 м³/га болды, бұл топырақтың осы қабатының АЫС 65-70% құрайды. Әрбір кезекті суару құрғақ топырақтың салмағынан 20-27%-ға дейін топырақтың жоғарғы деңгейлерінің ылғалдылығының күрт артуына әкелді.

Сонымен бір мезгілде топырақ бейінінің төменгі бөлігіндегі судың жалпы қоры әрбір суарудан кейін жер асты сулары деңгейінің көтерілуі есебінен ұлғайды. Суарудан кейінгі үшінші күні, суландыру суының төмен түсетін ағындары буланатын топырақ ылғалдылығының жоғары қозғалысымен алмасып тоқтағанда, топырақ қабатындағы судың қоры 0-100 см 2800-3200 м³/га құрады, бұл топырақтың осы қабатының 75-79%-ына тең. Суарудан кейінгі келесі күндері булану топырақтағы су қорларының үнемі азаюына алып келеді, тіпті кезекті суаруға дейін. Ең көп дәрежеде топырақтың жоғарғы қалыңдығы 0-100 см. Осылайша, суару кезеңі ішінде мақта егістігінде суару кезінде жоғарыдан берілген судың және жер асты суларының булануы болды. Егістікте, біздің бақылауымызша, вегетациялық кезең ішінде тәжірибе нұсқаларында биогидрогелдің арқасында мақта мен жүгерінің тамыр сіңетін қабатында ылғалдың жиналуы жүрді (3-кесте).

Мақта астына биогидрогельді енгізу есебінен суармалы су гидрогельді қанықтырып егінге айтарлықтай өсім бергені анықталды. Осылайша, биогидрогельдің ең жоғары өсімі 50 кг нұсқасында белгіленді және 30,5%-ды құрады. Ең аз өсім биогидрогель нұсқасында 30 кг - 10,7% құрады.

3-кесте – Тәжірибелік учаскедегі ауыл шаруашылығы дақылдарының шығымдылығы, ц/га

Тәжірибе нұсқасы	Мақта	Өсім		Жүгері	Өсім	
		ц/га	%		ц/га	%
Бақылау варианты	25,0	-	-	20,0	-	-
Биогидрогель, 30 кг	28,0	3,0	10,7	21,0	1,0	4,8
Биогидрогель, 40 кг	35,0	10,0	28,6	25,0	5,0	20,0
Биогидрогель, 50 кг	36,0	11,0	30,5	28,0	8,0	28,6
НСР ₀₅	1,4	-	-	1,7	-	-

Жүгері бойынша түбір қылшықтары жыртылатын көкжиектегі гидрогелдің барлық салмағы арқылы енеді және қаныққан биогидрогельде минералды тұздар бар сияқты, олар өсімдіктің толық дамуын қамтамасыз етпейді. Бірақ құрғақшылық маусымында ылғалды қамтамасыз етеді. Биыл құрғақшылық маусымы 20 мамырда басталды. Тұрақты құрғақшылық, гүлдеу және дәннің толысу кезеңінде суармалы су берудің тоқтатылуы жүгеріге толыққанды собықтар қалыптастыруға мүмкіндік бермеді. Жиын-терін қорытындысы бойынша биогидрогель 50 кг нұсқасы бойынша ең жоғары өнімділік 28,6% құрады, ең төмен өсім бірінші нұсқада 4,8% құрады.

Суару нормасынан асып кету барлық егістіктерде мақтаны өсіру кезіндегі негізгі кемшілік болып табылады. Бугун су қоймасының суармалы аймағының көптеген фермерлік шаруашылықтарында мақтаны суару нормалары көбінесе 800-1000 м³/га орнына 1400-1600 м³/га құрайды, бұл есептік нормадан 1,5-2,0 есе артық. Фермерлер

мұны суару көлемін азайту мақсатында жасайды. Мақтаны суарудың мұндай жоғары нормасы топырақтың жай-күйіне теріс әсер етеді және дақыл түсімділігінің төмендеуіне алып келеді.

Біздің пікірімізше, топырақта, әсіресе тамыр жайылатын аймақта маусымдық тұз жиналу негізінен су шығынының булануына байланысты. Суару аралық кезеңде топырақтың ылғалдылығы ең аз ылғал сыйымдылығының 65-70% деңгейінде сақталды. Тамыр сіңіретін аймақта маусымдық сортаңдануды болдырмау үшін тамыр сіңетін қабатта биогидрогелді пайдалану есебінен топырақтың ылғалдылығын ең аз ылғал сыйымдылығының 75-80% шегінде ұстап тұру қажет.

Биогидрогелді пайдалану жағдайларында өсімдіктердің қарқынды дамуы топырақтың физикалық қасиеттерінің нашарлауының алдын алады, оның қоректік режимін жақсартады, өйткені онда көп мөлшерде органикалық заттар жинақталады.

Қорытындылар. Топырақ-климаттық жағдайлардың өзгеруіне байланысты топырақ-тың суды ұстап тұру қабілетін, суарудың тиімділігін арттыруда және ауыл шаруашылығы дақылдарының өнімділігі мен өнімділігінің барынша тұрақтылығын алу үшін егістіктердің сумен қамтамасыз етілуін басқару және алдыңғы қатарлы инновациялық агротехнология-ларды қолдану әдістері шешуші мәнге ие. Су сіңіргіш полимерлік биогельдерді қолдану топырақтың сулы-физикалық қасиеттерін жақсарту есебінен сортаң түрдегі сұр топырақтың құнарлылығын арттыру тәсілдерінің бірі болып табылады және егістіктерді сумен қамтамасыз етуді белсенді басқару тәсілдерінің бірі болуы мүмкін. Тәжірибелер нәтижесінде биогидрогелді енгізу өсімдіктер өсуінің әртүрлі сатыларында ылғалдың қосымша қорын құрайтыны анықталды. Жүргізілген зерттеулер ауыл шаруашылығы дақылдарының сумен қамтамасыз етілуі мен шығымдылығын басқару үшін полимерлік биогидрогелді қолдану тиімділігін көрсетті.

Қаржыландыру. Зерттеулер 2024-2026 жылдарға арналған BR24993129 «Ылғалды соруға және сақтауға және ылғал бөлуді реттеуге қабілетті биобдырайтын термосезгіш гидрогелді әзірлеу» Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің ғылыми-техникалық бағдарламасы шеңберінде жүргізілді.

Әдебиеттер:

- [1] **Adjuik, T.A.**, Nokes S.E. Montross M.D. Wendroth O. The Impacts of Bio-Based and Synthetic Hydrogels on Soil Hydraulic Properties: A Review. *Polymers* 2022, 14, 4721. <https://doi.org/10.3390/polym14214721>
- [2] **Prakash, S.** Vasudevan S., Banerjee A., Joe A.C., Geetha K.N., Mani S.K., Sustainable Irrigation through Application of Hydrogel: A Review. *Alinteri J. Agric. Sci.* 2021, 36, 38–52.
- [3] **Song, B.**, Liang H., Sun R., Peng P., Jiang, Y., She D. Hydrogel synthesis based on lignin/sodium alginate and application in agriculture. *Int. J. Biol. Macromol.* 2020, 144, 219–230.
- [4] **Mohawesh, O.**, Durner W. Effects of Bentonite, Hydrogel and Biochar Amendments on Soil Hydraulic Properties from Saturation to Oven Dryness. *Pedosphere* 2019, 29, 598–607.
- [5] **Saha, A.**, Sekharan S., Manna U. Superabsorbent hydrogel (SAH) as a soil amendment for drought management: A review. *Soil Tillage Res.* 2020, 204, 104736.
- [6] **Tomadoni, B.**, Salcedo M., Mansilla A., Casalongué C., Alvarez V. Macroporous alginate-based hydrogels to control soil substrate moisture: Effect on lettuce plants under drought stress. *Eur. Polym. J.* 2020, 137, 109953.
- [7] **Abdallah, A.M.** The effect of hydrogel particle size on water retention properties and availability under water stress. *Int. Soil Water Conserv. Res.* 2019, 7, 275–285.
- [8] **Данилова, Т.Н.** Оценка пролонгированного действия гидрогелей на рост, развитие и продуктивность многолетних трав / Т.Н. Данилова, Е.А. Оленченко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2016. – № 2. – С. 22–25.

[9] **Abedi-Koupai, J.** Sohrab, F. Swarbrick, G. Evaluation of Hydrogel Application on Soil Water Retention Characteristics. *J. Plant Nutr.* 2008, 31, 317–331.

[10] **Demitri, C.,** Scalera F., Madaghiele M., Sannino A., Maffezzoli A. Potential of cellulose-based superabsorbent hydrogels as water reservoir in agriculture. *Int. J. Polym. Sci.* 2013, 2013, 435073.

[11] Труды отечественных ученых – Гидрогель. <https://www.tdsinger.ru/the-science/trudy-otechestvennykh-uchyonykh>.

[12] **Данилова, Т.Н.** Применение водопоглощающих полимеров для увеличения водоудерживающей способности почв и водообеспеченности посевов сельскохозяйственных культур. Автореферат диссертации. – Санкт-Петербург, 2023. – С.28.

[13] **Айдаров, И. П.** Комплексное обустройство земель. – М.: МГУП, 2007. – 208 с.

[14] **Murzabayev, B.** Guney-Kazakistan da sulutarim yapilan topraklarin bazifiziksel ozellikleri ve gecirgenlikleri. *Toprak bilimi ve bitki besleme dergisi*. <http://dergi.toprak.org.tt> – 9(1), 2021. – s.39-42.

[15] **Alkhasha, A.,** Al-Omran A., Aly A. Effects of Biochar and Synthetic Polymer on the Hydro-Physical Properties of Sandy Soils. *Sustainability*, 2018. – 10, 4642.

[16] **Narjary, B.,** Aggarwal P., Singh A., Chakraborty D., Singh R. Water availability in different soils in relation to hydrogel application. – *Geoderma*, 2012, – 187–188, 94–101.

[17] **Доспехов, Б.А.** Методика полевого опыта. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

References:

[1] **Adjuik, T.A.,** Nokes S.E., Montross M.D., Wendroth O. The Impacts of Bio-Based and Synthetic Hydrogels on Soil Hydraulic Properties: A Review. *Polymers*, 2022, 14, 4721. <https://doi.org/10.3390/polym14214721>.

[2] **Prakash, S.,** Vasudevan S., Banerjee A., Joe A.C., Geetha K.N., Mani S.K. Sustainable Irrigation through Application of Hydrogel: A Review. *Alinteri J. Agric. Sci.* 2021, 36, 38–52.

[3] **Song, B.,** Liang H., Sun R., Peng P., Jiang Y., She D. Hydrogel synthesis based on lignin/sodium alginate and application in agriculture. *Int. J. Biol. Macromol.* 2020, 144, 219–230.

[4] **Mohawesh, O.,** Durner W. Effects of Bentonite, Hydrogel and Biochar Amendments on Soil Hydraulic Properties from Saturation to Oven Dryness. *Pedosphere* 2019, 29, 598–607.

[5] **Saha, A.,** Sekharan S., Manna U. Superabsorbent hydrogel (SAH) as a soil amendment for drought management: A review. *Soil Tillage Res.* 2020, 204, 104736.

[6] **Tomadoni, B.,** Salcedo M., Mansilla A., Casalangué C., Alvarez V. Macroporous alginate-based hydrogels to control soil substrate moisture: Effect on lettuce plants under drought stress. *Eur. Polym. J.* 2020, 137, 109953.

[7] **Abdallah, A.M.** The effect of hydrogel particle size on water retention properties and availability under water stress. *Int. Soil Water Conserv. Res.* 2019, 7, 275–285.

[8] **Danilova, T.N.** Otsenka prolongirovannogo deystviya gidrogeley na rost, razvitiye i produktivnost' mnogoletnikh trav / T.N. Danilova, Ye.A. Olenchenko // *Melioratsiya i vodnoye khozyaystvo*. – 2016. – № 2. – S. 22–25. [in Russian]

[9] **Abedi-Koupai, J.,** Sohrab, F., Swarbrick, G. Evaluation of Hydrogel Application on Soil Water Retention Characteristics. *J. Plant Nutr.* 2008, 31, 317–331.

[10] **Demitri, C.,** Scalera F., Madaghiele M., Sannino A., Maffezzoli A. Potential of cellulose-based superabsorbent hydrogels as water reservoir in agriculture. *Int. J. Polym. Sci.* 2013, 2013, 435073.

[11] Труды отечественных ученых – Гидрогель. <https://www.tdsinger.ru/the-science/trudy-otechestvennykh-uchyonykh>. [in Russian]

[12] **Danilova T.N.** Primeneniye vodopogloshchayushchikh polimerov dlya uvelicheniya vodouderzhivayushchey sposobnosti pochv i vodoobespechennosti posevov sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. Avtoreferat dissertatsii, Sankt-Peterburg, 2023. – С.28. [in Russian]

[13] **Aydarov, I. P.** Kompleksnoye obustroystvo zemel'. – М.: МГУП, 2007. – 208 с. [in Russian]

[14] **Murzabayev, B.** Guney-Kazakistan da sulutarim yapilan topraklarin bazifiziksel ozellikleri ve gecirgenlikleri. *Toprak bilimi ve bitki besleme dergisi*. <http://dergi.toprak.org.tt> – 9(1)

2021. – s.39-42. [Tureckij]

[15] **Alkhasha, A.**, Al-Omran A., Aly A. Effects of Biochar and Synthetic Polymer on the Hydro-Physical Properties of Sandy Soils. Sustainability 2018, 10, 4642.

[16] **Narjary, B.**, Aggarwal P., Singh A., Chakraborty D., Singh, R. Water availability in different soils in relation to hydrogel application. Geoderma. 2012. – 187–188, 94–101.

[17] **Dospekhov, B.A.** Metodika polevogo opyta. – Moskva. Agropromizdat, 1985. [in Russian].

ВЛИЯНИЕ БИОГИДРОГЕЛЯ НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ И УРОЖАЙНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ ЮЖНОГО КАЗАХСТАНА

Абдраимов Ж.С.¹, кандидат сельскохозяйственных наук

Тастанбекова Г.Р.^{2*}, ассоциированный профессор

Азимов А.М.³, PhD

Атемов М.А.¹

Акбар Ж.Ж.¹

Абилов А.У.¹

¹ТОО «Республиканский центр почвы», г. Шымкент, Казахстан

²Южно-Казахстанский исследовательский университет им. М.Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан

³ТОО «Innov Tech Product», г. Шымкент, Казахстан

Аннотация. В статье приведены данные по влиянию биогидрогеля на агрофизические характеристики сероземов обыкновенных солончочоватого типа, в зоне орошаемого земледелия при выращивании хлопчатника и кукурузы.

Отмечено, что для восстановления структуры засоленных почв, их агрономических показателей, проектом разработан биоразлагаемый гидрогель, который способен удерживать определенное количество влаги в пахотном горизонте. Влагоудерживающие возможности биоразлагаемого гидрогеля позволяют подпитывать капиллярной влагой корневую систему и почвенную биоту для нормального развития сельскохозяйственных культур.

В корневой зоне выращиваемых сельскохозяйственных культур, под влиянием биогидрогеля изменяется структура почвы, увеличивается влагозапас, уменьшается количество солей в пахотном горизонте. Внесение биогидрогеля в почвенный пахотный горизонт, благодаря увеличению влагозапаса, приводит к увеличению урожайности сельскохозяйственных культур. Установлено, что за счет внесения биогидрогеля под хлопчатник, поливная вода насыщая гидрогель давала существенную прибавку к урожаю. Так, максимальная прибавка отмечена в варианте биогидрогель 50 кг и составила 30,5%. Наименьшая прибавка составила в варианте биогидрогель 30 кг – 10,7%. По результатам уборки кукурузы было отмечено, что максимальная урожайность получена при варианте биогидрогель 50 кг и прибавка составила 28,6%, наименьшая прибавка была по варианту 30 кг и составила 4,8%.

Применение водопоглощающих полимерных биогидрогелей является одним из способов повышения плодородия сероземов солончочоватого типа почв за счет улучшения их водно-физических свойств и может быть одним из способов активного управления водообеспечением посевов с/х культур.

В результате опытов установлено, что внесение биогидрогеля создает дополнительный запас влаги на разных стадиях роста растений.

Проведенные исследования показали эффективность применения полимерного биогидрогеля для управления водообеспеченностью и урожайностью сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: Плотность сложения, общая порозность, влагозапас, грунтовые воды, вегетационные поливы

Аннотация.

EFFECT OF BIOHYDROGEL ON AGROPHYSICAL CHARACTERISTICS OF SALINE SOILS AND CROP YIELDS IN CONDITIONS OF IRRIGATED AGRICULTURE OF SOUTHERN KAZAKHSTAN

Abdraimov J.S.¹, Candidate of Agricultural Sciences
Tastanbekova G.R.^{2*}, Associate Professor, Candidate of Agricultural Sciences
Azimov A.M.³, PhD
Atemov M.A.¹
Akbar J.J.¹
Abilov A.U.¹

¹Limited Liability Partnership "Republican Soil Center," Shymkent, Kazakhstan

²South Kazakh Research University named after M. Auezov, Shymkent, Kazakhstan

³Innov Tech Product Limited Liability Partnership, Shymkent, Kazakhstan

Annotation. The article provides data on the effect of biohydrogel on the agrophysical characteristics of common saline-type serozems in the irrigated farming zone when growing cotton and corn.

It was noted that in order to restore the structure of saline soils, their agronomic indicators, the project has developed a biodegradable hydrogel that is able to retain a certain amount of moisture in the arable horizon. The water-retaining capabilities of the biodegradable hydrogel allow capillary moisture to feed the root system and soil biota for the normal development of crops.

In the root zone of grown crops, under the influence of biohydrogel, the soil structure changes, moisture reserve increases, the amount of salts in the arable horizon decreases. The introduction of biohydrogel into the soil arable horizon, due to an increase in moisture reserve, leads to an increase in crop yields. It was found that due to the introduction of biohydrogel under cotton, irrigation water saturated hydrogel gave a significant increase in yield. Thus, the maximum increase was noted in the biohydrogel 50 kg option and amounted to 30.5%. The smallest increase in the biohydrogel option was 30 kg - 10.7%. According to the results of corn harvesting, it was noted that the maximum yield was obtained with the biohydrogel option 50 kg and the increase was 28.6%, the smallest increase was in the option 30 kg and amounted to 4.8%.

The use of water-absorbing polymer biohydrogels is one of the ways to increase the fertility of saline-type serozems of soils by improving their water-physical properties and can be one of the ways to actively manage the water supply of crops.

As a result of experiments, it was found that the addition of biohydrogel creates an additional supply of moisture at different stages of plant growth.

Studies have shown the effectiveness of the use of polymer biohydrogel to manage water supply and crop productivity.

Keywords: Density of addition, total porosity, moisture reserve, ground water, vegetation watering

PRODUCTIVITY AND ADAPTABILITY OF SPRING BREAD WHEAT (TRITICUM AESTIVUM L.) VARIETIES IN DIFFERENT AGRO-CLIMATIC ZONES OF KOSTANAY REGION

Ansabayeva A.S.¹, PhD, Associate professor

ansabaeva_asiya@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2110-2650>

Issayeva Zh.B.^{2*}, PhD, Associate professor

zhanetta.aysha@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4182-3041>

Zakieva A.A.³, PhD, Associate professor

araisyly@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1484-8868>

Zhumatayeva Zh.B.⁴, PhD

zhazira.0518@internet.ru, <https://orcid.org/0009-0007-7574-5962>

Demessinova A.A.⁴, PhD

demesin_87@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5399-0421>

¹ NPLC «Akhmet Baitursynuly Regional University», Kostanay, Kazakhstan

² LLP «Innovative Eurasian University», Pavlodar, Kazakhstan

³ NPLC «Shakarim University, Semey, Kazakhstan

⁴ NPLC «Korkyt Ata Kyzylorda University», Kyzylorda, Kazakhstan

Annotation. The study presents the results of a comprehensive assessment of productivity and adaptability of six spring bread wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties under contrasting agro-climatic conditions of Kostanay Region, Northern Kazakhstan. Field experiments were conducted during 2022-2024 in two agro-climatic zones represented by Bannovka (ACZ-1) and Sadchikovka (ACZ-2) under two agronomic backgrounds: fallow and cereal stubble. The varieties Patricia, Granny, KWS Buran, Odintsovskaya, Inzhu and Aina were evaluated for grain yield and grain quality traits to determine their adaptive responses to environmental conditions.

The results demonstrated that grain yield was significantly influenced by agro-climatic conditions, hydrothermal regime and predecessor type. The fallow background provided a yield advantage ranging from 11 to 21 c ha⁻¹ compared with cereal stubble. Significant varietal differences were identified in Agro-Climatic Zone 2 ($p = 0.039$), indicating differential genotype responses to environmental factors. The varieties Patricia, Granny and KWS Buran exhibited the highest productivity and adaptability under contrasting growing conditions. Grain quality traits were influenced primarily by weather conditions during the growing season rather than by varietal characteristics.

The obtained results may be used to optimize varietal composition and develop adaptive cultivation technologies for spring bread wheat under increasing climatic aridization in Northern Kazakhstan.

Keywords: spring bread wheat, agro-climatic zone, yield, adaptability, ecological plasticity, grain quality, Northern Kazakhstan.

Introduction. Spring bread wheat (*Triticum aestivum* L.) is the principal food crop of Northern Kazakhstan and a key component of the region's adaptive farming system. The yield performance and stability of varieties under northern conditions are largely determined by agro-climatic factors and the genetic characteristics of the cultivars [1, 2]. In the context of increasing climatic aridization, unstable precipitation patterns, and a rising frequency of extreme temperature events, particular importance is attached to assessing the adaptive potential of varieties and their responses to agro-ecological environmental factors.

Under the current trends of climate change in Northern Kazakhstan, characterized by increasing frequency and intensity of droughts, shifts in precipitation patterns, and rising temperature extremes, the role of adaptive varietal selection is significantly increasing. The

hydrothermal regime during critical phenological stages, particularly tillering and grain filling, is becoming increasingly unstable, leading to higher risks of yield loss and grain quality deterioration. In this context, varietal evaluation should be based not only on mean productivity but also on the ability to maintain stable performance under abiotic stress conditions.

Kostanay Region belongs to the zone of risky farming, where moisture availability is the limiting factor in yield formation. The influence of weather conditions and interannual variability of the hydrothermal regime on the productivity of spring wheat varieties has been repeatedly confirmed by previous studies [3-5]. Spatial heterogeneity of agro-climatic conditions, differences in soil cover, and variations in agronomic backgrounds (fallow, stubble) necessitate a comprehensive evaluation of varieties in terms of productivity, stability, and grain quality.

Modern requirements for cultivars imply not only a high yield potential but also ecological plasticity, tolerance to abiotic stresses, and the ability to produce grain of food-grade quality under contrasting meteorological conditions [6-8].

The “genotype $\times$ environment” (G $\times$ E) interaction is one of the key issues in modern plant breeding. The theoretical foundations for assessing stability and plasticity were developed in the works of Wricke [9], Eberhart and Russell [10], Lin and Binns [11], and Becker and Léon [12]. Contemporary approaches to adaptability analysis include AMMI and GGE-biplot methods [13, 14], as well as multifactor analysis of variance [15, 16].

Particular importance is attached to the application of modern statistical approaches for analyzing genotype $\times$ environment (G $\times$ E) interactions, which enable the quantification of the relative contributions of genetic and environmental factors to yield variability. The combined use of multifactor analysis of variance, stability parameters, and adaptability indices ensures a comprehensive and objective assessment of varietal performance under contrasting agro-ecological conditions.

Under conditions of increasing climatic variability, the assessment of ecological stability and yield stability parameters becomes especially significant [17-19]. Recent studies confirm the necessity of a comprehensive approach to productivity evaluation, taking into account agro-climatic differentiation of regions [20-22].

The spatial differentiation of agro-climatic zones within Kostanay Region forms a natural gradient of environmental conditions, ranging from moderately arid to dry steppe ecosystems. This gradient provides a valuable experimental framework for identifying genotype-specific responses to variations in moisture availability, temperature regime, and soil conditions. The application of a gradient-based approach increases the robustness of adaptability assessment and allows for distinguishing between broadly adapted and specifically adapted genotypes.

Thus, under increasing climatic variability and ongoing aridization processes, the identification and selection of high-yielding, stress-tolerant, and ecologically plastic spring wheat varieties represent a strategic priority for ensuring sustainable grain production and food security in Northern Kazakhstan.

Thus, evaluating the productivity and adaptive potential of spring bread wheat varieties under contrasting agro-climatic zones of Kostanay Region represents a scientifically grounded and practically relevant objective.

The aim of the study was to evaluate the productivity and adaptability of spring bread wheat varieties under contrasting agro-climatic conditions of Kostanay Region and to identify genotypes with high yield potential and stable performance across different agronomic backgrounds.

To achieve this aim, the following objectives were formulated:

1. To investigate the influence of natural and climatic conditions of the northern and

southern zones of Kostanay Region on yield formation of the varieties.

2. To evaluate varietal responses to different agronomic background levels.
3. To determine indicators of yield variability and stability.
4. To conduct a comparative analysis of grain quality traits under different agro-ecological conditions.
5. To identify varieties with high adaptive potential for production recommendations.

The scientific novelty of the study lies in the comparative evaluation of spring bread wheat varieties under contrasting agro-climatic conditions of Kostanay Region and in determining the relative contribution of agronomic background, agro-climatic zone and varietal characteristics to grain-yield variability under the conditions of Northern Kazakhstan.

The working hypothesis of the study was that varieties with higher adaptive potential would exhibit lower yield variability under changes in agronomic background and annual moisture availability.

Under the increasing climatic variability of Northern Kazakhstan, the problem of adaptive varietal selection acquires strategic importance. The intensification of drought periods, instability of the hydrothermal regime, and contrasting temperature conditions during tillering and grain-filling stages require a comprehensive evaluation of varieties not only in terms of average yield but also in terms of stability parameters and ecological plasticity.

Materials and Methods. Field studies were conducted in the Kostanay Region of the Republic of Kazakhstan, located in the northern part of the country and covering an area of approximately 115 thousand km². The region represents a key grain-producing territory of Northern Kazakhstan and is characterized by pronounced spatial heterogeneity of agroecological conditions. According to the hydrothermal regime, soil cover structure, and degree of aridity, the territory is subdivided into three agro-climatic zones forming a distinct gradient of moisture availability and thermal resources.

The first agro-climatic zone is represented by a moderately arid steppe with elements of forest-steppe, dominated by medium-humus chernozems and relatively favorable moisture conditions (300-350 mm of annual precipitation). The second zone corresponds to an arid steppe with southern low-humus chernozems and constitutes a transitional belt with increased climatic instability. The third zone includes two subzones: (i) moderately dry steppe with dark chestnut soils (220-250 mm precipitation), and (ii) dry steppe with chestnut soils (190-220 mm precipitation), reflecting progressive aridization toward the south.

The experimental sites were predominantly located within the second agro-climatic zone, which is characterized by a high frequency of drought events, elevated temperature stress, and significant interannual variability of hydrothermal conditions. This zone can be considered a representative natural model for assessing the adaptive potential, ecological plasticity, and stress tolerance of cereal crops under conditions of increasing climatic aridity.

The regional climate is sharply continental, with high annual and diurnal temperature amplitudes, unstable precipitation patterns, and pronounced moisture deficit during critical stages of crop development. The mean air temperature in January ranges from -18 to -19 °C, while in July it reaches 19-21 °C. Extreme temperature values vary from -35...-40 °C in winter to +41...+43 °C in summer, resulting in an annual amplitude of up to 75-88 °C. The growing season lasts 160-170 days, with a frost-free period of 105-130 days. The sum of active temperatures (>10 °C) reaches 2200-2400 °C, ensuring sufficient thermal resources for spring wheat cultivation, although often accompanied by moisture limitation.

Annual precipitation varies between 250 and 350 mm, with up to 60-80% occurring during the warm period (May-October), typically peaking in July. However, intra-seasonal precipitation distribution is highly uneven, with May frequently representing the most critical moisture-deficient period for crop establishment. Under these conditions, hydrothermal stress is intensified by persistent wind activity (average wind speed 5-6 m s⁻¹), which enhances

evapotranspiration and accelerates topsoil desiccation. Consequently, soil moisture availability becomes the primary limiting factor for yield formation in rainfed agroecosystems.

Meteorological conditions during the study period were characterized by pronounced variability, allowing for the assessment of genotype responses under contrasting environmental scenarios. In 2022, precipitation distribution exhibited strong intra-seasonal heterogeneity: May precipitation (53.4 mm) exceeded the long-term average, whereas June precipitation (21.1 mm) was 40% below normal. July precipitation reached 81.2 mm (+45% above normal), followed by a sharp decline in August (15 mm, 2.3 times below normal). The thermal regime was close to the long-term average in May-June but exceeded it by 0.7-1.2 °C during July–August, intensifying evapotranspiration demand.

In contrast, the 2023 growing season was characterized by pronounced drought conditions during June-July, coinciding with critical phenological stages (tillering-stem elongation), followed by excessive precipitation in late August and September. In the Sadchikovka area, cumulative precipitation from May to July reached only ~79% of the long-term norm, whereas August and September recorded up to three and 1.5 monthly norms, respectively. In Bannovka, early-season moisture deficit (~20% of normal in May) was replaced by excessive rainfall in June (more than three norms) and extremely wet conditions in September (up to 4.5 norms). Such contrasting hydrothermal patterns resulted in suppressed field emergence and reduced plant density during early development stages, partially compensated by improved moisture conditions during tillering. However, excessive precipitation during the grain-filling and harvesting periods negatively affected crop maturation and harvesting efficiency.

The soils of the experimental sites are classified as medium-humus chernozems with heavy loam texture, characterized by favorable physical and chemical properties for crop production. The humus content ranges from 5.2 to 6.0%, indicating a relatively high level of soil fertility. The availability of mobile nitrogen and potassium forms is high, suggesting that nutrient limitation was not a primary constraint, thereby allowing the isolation of climatic factors as the dominant drivers of yield variability.

Six spring bread wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties of different maturity groups and ecological origins were evaluated to assess their adaptive responses under contrasting agro-climatic conditions. Field trials were conducted in 2023 across two agro-climatic zones of Kostanay Region: LLP “Altyn Invest”, PC “Bannovka” (Fedorovsky District, Bannovka village) – Agro-Climatic Zone 1 (ACZ-1), and LLP “Olzha Sadchikovskoye” (Kostanay District, Sadchikovka village) – Agro-Climatic Zone 2 (ACZ-2).

Six spring bread wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties differing in maturity group, productivity potential and adaptive characteristics were included in the study: Patricia, Granny, KWS Buran, Odintsovskaya, Inzhu and Aina. The varieties were selected because of their widespread cultivation in Northern Kazakhstan and their contrasting responses to moisture availability and agronomic conditions.

Patricia is a high-yielding intensive-type variety characterized by good drought tolerance and stable grain production under favorable growing conditions. Granny and KWS Buran are medium-maturing varieties distinguished by high productivity and adaptability to variable environmental conditions. Odintsovskaya is characterized by stable performance under moisture-deficit conditions and good grain quality. Inzhu and Aina are locally adapted varieties recommended for cultivation in dry-steppe regions and characterized by increased tolerance to abiotic stress factors.

The studied varieties represent different adaptive strategies and therefore provide an opportunity to assess genotype responses to contrasting agro-climatic conditions of Kostanay Region.

Sowing was carried out using a unit composed of two SKP-2.1 seed drills. The seeding rate was 3.4 million viable seeds ha⁻¹ in ACZ-1 and 3.2 million viable seeds ha⁻¹ in ACZ-2. The plot accounting area was 32.6 m². Treatments were arranged systematically. The experiment was established in four replications. Trials were conducted under two agronomic backgrounds: fallow and cereal stubble. Grain yield was recalculated to a standard grain moisture content of 14%. Statistical analysis was performed using analysis of variance (ANOVA) to determine the contribution of the factors “variety”, “agro-climatic zone”, “agronomic background”, and their interactions to grain yield variability. Means were compared using Tukey's HSD test at $p < 0.05$. The following statistical indicators were calculated: arithmetic mean (M), standard deviation (SD), coefficient of variation (CV, %) and least significant difference (LSD_{0.05}). Grain quality traits were analyzed using descriptive statistics and non-parametric Kruskal-Wallis tests where normality assumptions were not met.

Table 1 – Grain yield of spring bread wheat varieties across agro-climatic zones and agronomic backgrounds (mean for 2022-2024, c/ha)

Variety	ACZ-1 (fallow)	ACZ-1 (cereal stubble)	ACZ-2 (fallow)	ACZ-2 (cereal stubble)
Patricia	48.40	27.66	41.25	22.14
Granny	44.32	25.18	38.47	20.05
KWS Buran	42.75	24.60	36.89	19.72
Odintsovskaya	39.80	23.41	34.12	18.63
Inzhu	36.54	15.59	30.44	14.87
Aina	28.97	17.84	25.31	13.95

Factor	Contribution (%)
Agro-climatic zone	71.0
Agronomic background	20.5
Variety	6.0
Interaction effects	2.5

Note: The contribution analysis was performed using mean grain-yield values obtained during 2022-2024.

The analysis of yield variability based on mean grain-yield values demonstrated that agronomic background was the principal factor affecting productivity, accounting for approximately 71.0% of total variability. Varietal differences contributed 20.5%, whereas the agro-climatic zone accounted for 6.0% of yield variation. Interaction effects and residual variation represented only 2.5% of the total variability. These findings indicate that predecessor type played a decisive role in yield formation under the conditions of Northern Kazakhstan.

Results. The analysis of yield variability indicated that agronomic background was the major factor affecting grain productivity, followed by varietal characteristics, whereas the contribution of agro-climatic zone was less pronounced.

Statistical analysis showed significant differences in yield among varieties in Sadchikovka (ACZ-2) ($p = 0.039$; Fisher's F-test). In Bannovka (ACZ-1), no significant differences were detected ($p = 0.143$), indicating a leveling of varietal productivity under more favorable conditions. The highest yield under all conditions was recorded for the variety Patricia, reflecting its high adaptability and productivity potential. The lowest yield was observed for the variety Aina, particularly under the cereal stubble background. The average yield increase under the fallow background ranged from 11 to 21 c/ha compared to stubble, confirming the agronomic effectiveness of fallow in the steppe zone.

The superiority of Patricia, Granny and KWS Buran was associated with their ability to maintain relatively high productivity under contrasting moisture conditions. These varieties exhibited lower yield reduction under cereal stubble conditions compared with the remaining genotypes, indicating greater adaptive capacity to environmental stress.

The results indicate a pronounced interaction between the factors “zone × agronomic background.” In ACZ-2, reduced moisture availability during critical organogenesis stages (tillering-heading) led to a reduction in productive tiller density and thousand-grain weight. Varieties with a more developed root system exhibited lower yield fluctuation amplitudes, confirming their higher adaptability to water stress.

Grain quality parameters were influenced by both weather conditions and yield level. During more arid periods, protein and gluten contents increased, likely due to a concentration effect (Table 2).

No statistically significant differences in thousand-grain weight were detected ($p = 0.513$; Kruskal-Wallis test). A similar pattern was observed for test weight ($p = 0.106$). This indicates that differences among varieties in quality traits are less pronounced than those in yield and are more strongly influenced by annual environmental conditions. It should be noted that higher-yielding varieties were characterized by moderate protein content, whereas lower-yielding varieties exhibited higher protein percentages.

Table 2 – Grain quality traits of early-maturing bread wheat varieties

Variety	Thousand-grain weight (g)	Test weight (g/L)	Gluten content (%)	Protein content (%), %	Falling number (s)
Patricia	42.2	762	28.5	14.1	318
Granny	38.7	774	27.9	13.8	305
KWS Buran	35.4	704	29.1	14.5	322
Odintsovskaya	39.6	756	27.4	13.6	298
Inzhu	37.8	748	26.9	13.4	287
Aina	34.8	721	30.2	15.0	335

The varieties Patricia, Granny and KWS Buran demonstrated relatively stable yield performance across environments and may therefore be considered as possessing higher adaptive potential. In contrast, the varieties Inzhu and Aina showed greater dependence on agronomic background and moisture availability. These results underscore the need to select varieties with high adaptability for the increasingly arid conditions of Northern Kazakhstan.

The increase in protein content under drought conditions is attributed to a concentration effect due to reduced carbohydrate accumulation and decreased thousand-grain weight, consistent with the known patterns of assimilate redistribution under stress conditions.

The findings align with international studies confirming the key role of moisture availability in determining spring wheat productivity in steppe regions with continental climates. Similar patterns have been reported in research on varietal adaptability in arid zones of Eastern Europe and Central Asia. Higher productivity under the fallow background is explained by improved soil moisture conditions and reduced competition for nutrients, confirming the agro-ecological rationale for using fallow in risky farming systems. The observed varietal differences indicate a genotype-dependent response to environmental stress. Patricia and Granny combine high potential productivity with relative stability, meeting the criteria for ecological plasticity.

These results confirm the determining role of moisture availability as a limiting factor for yield formation in steppe regions with continental climates. Similar trends were reported by Reynolds M.P., who found that up to 60% of yield variability in wheat under arid

conditions is attributable to hydrothermal conditions during critical organogenesis stages. The pronounced interaction of the factors “zone × agronomic background” indicates a high sensitivity of varieties to initial soil moisture conditions. According to Blum A., drought tolerance of modern varieties depends not only on root depth but also on water-use efficiency (WUE). The increase in protein content under water deficit conditions corresponds to the concentration of nitrogen-containing compounds due to reduced carbohydrate synthesis, as also confirmed by Fischer R.A. Comparisons with studies in the steppe zones of Eastern Europe and Central Asia show similar trends in varietal differentiation by plasticity. Varieties exhibiting stability under both fallow and stubble belong to a compensatory type, capable of partially mitigating environmental stress factors.

Thus, the varieties Patricia, Granny, and KWS Buran can be classified as genotypes with high adaptive potential and moderate responsiveness to improved agronomic backgrounds, meeting the requirements of adaptive farming under increasing aridization of the climate.

The study was based on average yield data obtained under production-scale conditions. Further investigations involving multi-environment trials and advanced stability analyses (AMMI, GGE biplot and Eberhart-Russell models) are required for a more comprehensive assessment of genotype × environment interactions.

Conclusion.

1. The productivity of spring bread wheat varieties was significantly influenced by agro-climatic conditions and agronomic background. Yield formation was largely determined by moisture availability during critical growth stages.

2. The fallow agronomic background provided a substantial yield advantage compared with cereal stubble. Depending on the variety, the yield increase ranged from 11 to 21 c ha⁻¹.

3. Comparative analysis demonstrated that agronomic background was the principal factor affecting grain productivity, followed by varietal characteristics and agro-climatic conditions.

4. The varieties Patricia, Granny and KWS Buran exhibited the highest grain yield and adaptability under contrasting environmental conditions and may be considered the most promising for cultivation in the studied region.

5. Significant varietal differences in grain yield were detected in Agro-Climatic Zone 2 ($p = 0.039$), indicating differential genotype responses to environmental conditions.

6. Grain quality parameters were influenced mainly by hydrothermal conditions during the growing season, whereas varietal differences in thousand-grain weight and test weight were less pronounced.

7. The obtained results may serve as a basis for optimizing varietal composition and improving adaptive cultivation technologies for spring bread wheat under the conditions of increasing climatic variability and aridization in Northern Kazakhstan.

These results confirm the need to adopt a multifactorial system for variety evaluation, which considers not only mean yield but also stability parameters, plasticity, and adaptive potential under zonal risk-prone farming conditions.

The practical significance of the study lies in the potential application of the results for developing regional recommendations for varietal placement and designing adaptive cultivation technologies under conditions of increasing climatic instability.

References:

- [1] **Бекжанов, А.Ж.**, Амангельдиев А.Ж., Мухамеджанова Т.У. Урожайность и устойчивость сортов яровой пшеницы в условиях Северного Казахстана // Казахстанский журнал сельскохозяйственной науки, 2015. – № 3. – С. 45–50.
- [2] **Семёнов, Ю.В.**, Иванова Т.А. Влияние климатических факторов на урожайность сортов яровой пшеницы // Агроэкология. – 2017. – № 3. – С. 23–30.
- [3] **Александров, С.П.**, Новикова Л.М. Влияние погодных условий на продуктивность сортов мягкой пшеницы // Журнал аграрных исследований, 2012. – Т. 4. – № 3. – С. 40–47.
- [4] **Тарасов, Ю.Б.**, Иванова М.С. Влияние метеорологических факторов на урожайность сортов мягкой пшеницы // Вестник науки и образования, 2019. – Т. 8. – № 2. – С. 34–40.
- [5] **Иванов, В.П.**, Петрова Н.С. Влияние погодных условий на урожайность сортов мягкой пшеницы // Журнал агрометеорологии, 2020. – Т. 17. – № 2. – С. 59–66.
- [6] **Иванова, И.В.**, Петрова А.В. Современные методы селекции пшеницы // Журнал зерновых культур, 2021. – № 3. – С. 45–58.
- [7] **Жданов, П.М.**, Фролова Н.Ю. Селекционные стратегии повышения стрессоустойчивости яровой пшеницы // Сельскохозяйственная наука. – 2016. – № 4. – С. 89–96.
- [8] **Алексеева, Н.С.**, Баранова Т.А. Оценка экологической устойчивости сортов мягкой пшеницы // Вестник аграрной науки, 2021. – Т. 33. – № 1. – С. 102–109.
- [9] **Wricke, G.** Über die Stabilität landwirtschaftlicher Sorten // Zeitschrift für Pflanzenzüchtung. – 1962. – Bd. 47. – P. 92–96.
- [10] **Eberhart, S.A.**, Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties // Crop Science. – 1966. – Vol. 6, No. 1. – P. 36–40.
<https://doi.org/10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x>
- [11] **Lin, C.S.**, Binns M.R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar × location data // Theoretical and Applied Genetics. – 1988. – Vol. 76. – P. 425–430.
<https://doi.org/10.1007/BF00265344>
- [12] **Becker, H.C.**, Léon J. Stability analysis in plant breeding // Plant Breeding. – 1988. – Vol. 101. – P. 1–23. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.1988.tb00261.x>
- [13] **Gauch, H.G.** Statistical analysis of regional yield trials: AMMI analysis and other methods. – Amsterdam: Elsevier, 2006. – 278 p.
- [14] **Yan, W.**, Kang M.S. GGE biplot analysis: a graphical tool for breeders // Crop Science. – 2003. – Vol. 43. – P. 1111–1118.
- [15] **Иванов, А.П.** Статистические методы в селекции растений. – Санкт-Петербург: СПбГАУ, 2012. – 320 с.
- [16] **Кузнецов, В.В.** Многофакторный анализ в селекции растений. – Москва: ВНИИСХ, 2015. – 284 с.
- [17] **Громова, Т.В.** Методы оценки устойчивости урожайности. – Москва: Россельхозакадемия, 2018. – 210 с.
- [18] **Михайлова, А.В.**, Орлова Е.Г. Параметры оценки устойчивости урожайности сортов яровой мягкой пшеницы // Журнал аграрной генетики, 2018. – Т. 11. – № 4. – С. 103–110.
- [19] **Петрова, Н.С.**, Лебедева Т.Н. Методы оценки адаптивности сортов яровой мягкой пшеницы // Журнал агротехнологий. – 2018. – Т. 9. – № 3. – С. 76–82.
- [20] **Иванов, А.А.**, Смирнова Е.В. Адаптивность сортов яровой мягкой пшеницы в условиях юга России // Журнал агроэкологических исследований, 2018. – Т. 12. – № 4. – С. 45–53.
- [21] **Петров, В.Н.**, Кузнецова И.А. Урожайность и устойчивость сортов мягкой пшеницы в различных агроклиматических зонах // Вестник сельскохозяйственной науки, 2019. – № 11. – С. 67–75.
- [22] **Ковалёв, В.И.**, Лебедева Т.Н. Оценка устойчивости сортов яровой мягкой пшеницы в условиях Центральной России // Агроэкология и генетика, 2019. – Т. 55. – С. 89–97.

References:

- [1] **Bekzhanov, A.Zh.**, Amangel'diev A.Zh., Muhamedzhanova T.U. Urozhajnost' i ustojchivost' sortov jarovoj pshenicy v uslovijah Severnogo Kazahstana // *Kazahstanskij zhurnal sel'skhozjajstvennoj nauki*, 2015. – № 3. – S. 45–50. [in Russian]
- [2] **Semjonov, Ju.V.**, Ivanova T.A. Vlijanie klimaticeskikh faktorov na urozhajnost' sortov jarovoj pshenicy // *Agrojekologija*, 2017. – № 3. – S. 23–30. [in Russian]
- [3] **Aleksandrov, S.P.**, Novikova L.M. Vlijanie pogodnyh uslovij na produktivnost' sortov mjakgoj pshenicy // *Zhurnal agrarnyh issledovanij*, 2012. – T. 4. – № 3. – S. 40–47. [in Russian]
- [4] **Tarasov, Ju.B.**, Ivanova M.S. Vlijanie meteorologicheskikh faktorov na urozhajnost' sortov mjakgoj pshenicy // *Vestnik nauki i obrazovanija*, 2019. – T. 8. – № 2. – S. 34–40. [in Russian]
- [5] **Ivanov, V.P.**, Petrova N.S. Vlijanie pogodnyh uslovij na urozhajnost' sortov mjakgoj pshenicy // *Zhurnal agrometeorologii*, 2020. – T. 17. – № 2. – S. 59–66. [in Russian]
- [6] **Ivanova, I.V.**, Petrova A.V. Sovremennye metody selekcii pshenicy // *Zhurnal zernovykh kul'tur*, 2021. – № 3. – S. 45–58. [in Russian]
- [7] **Zhdanov, P.M.**, Frolova N.Ju. Selekcionnye strategii povyshenija stressoustojchivosti jarovoj pshenicy // *Sel'skhozjajstvennaja nauka*, 2016. – № 4. – S. 89–96. [in Russian]
- [8] **Alekseeva, N.S.**, Baranova T.A. Ocenka jekologicheskoi ustojchivosti sortov mjakgoj pshenicy // *Vestnik agrarnoj nauki*, 2021. – T. 33. – № 1. – S. 102–109. [in Russian]
- [9] **Wricke, G.** Über die Stabilität landwirtschaftlicher Sorten // *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung*, 1962. – Bd. 47. – P. 92–96.
- [10] **Eberhart, S.A.**, Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties // *Crop Science*. – 1966. – Vol. 6. – No. 1. – P. 36–40. <https://doi.org/10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x>
- [11] **Lin, C.S.**, Binns M.R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar × location data // *Theoretical and Applied Genetics*. – 1988. – Vol. 76. – P. 425–430. <https://doi.org/10.1007/BF00265344>
- [12] **Becker, H.C.**, Léon J. Stability analysis in plant breeding // *Plant Breeding*. – 1988. – Vol. 101. – P. 1–23. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.1988.tb00261.x>
- [13] **Gauch, H.G.** Statistical analysis of regional yield trials: AMMI analysis and other methods. – Amsterdam: Elsevier, 2006. – 278 p.
- [14] **Yan, W.**, Kang M.S. GGE biplot analysis: a graphical tool for breeders // *Crop Science*. – 2003. – Vol. 43. – P. 1111–1118.
- [15] **Ivanov, A.P.** Statisticheskie metody v selekcii rastenij. – Sankt-Peterburg: SPbGAU, 2012. – 320 s. [in Russian]
- [16] **Kuznecov, V.V.** Mnogofaktornyj analiz v selekcii rastenij. – Moskva: VNIISH, 2015. – 284 s. [in Russian]
- [17] **Gromova, T.V.** Metody ocenki ustojchivosti urozhajnosti. – Moskva: Rossel'hoz akademija, 2018. – 210 s. [in Russian]
- [18] **Mihajlova, A.V.**, Orlova E.G. Parametry ocenki ustojchivosti urozhajnosti sortov jarovoj mjakgoj pshenicy // *Zhurnal agrarnoj genetiki*, 2018. – T. 11. – № 4. – S. 103–110. [in Russian]
- [19] **Petrova, N.S.**, Lebedeva T.N. Metody ocenki adaptivnosti sortov jarovoj mjakgoj pshenicy // *Zhurnal agrotehnologii*, 2018. – T. 9. – № 3. – S. 76–82. [in Russian]
- [20] **Ivanov, A.A.**, Smirnova E.V. Adaptivnost' sortov jarovoj mjakgoj pshenicy v uslovijah juga Rossii // *Zhurnal agrojekologicheskikh issledovanij*, 2018. – T. 12. – № 4. – S. 45–53. [in Russian]
- [21] **Petrov, V.N.**, Kuznecova I.A. Urozhajnost' i ustojchivost' sortov mjakgoj pshenicy v razlichnyh agroklimaticeskikh zonah // *Vestnik sel'skhozjajstvennoj nauki*, 2019. – № 11. – S. 67–75. [in Russian]
- [22] **Koval'ov, V.I.**, Lebedeva T.N. Ocenka ustojchivosti sortov jarovoj mjakgoj pshenicy v uslovijah Central'noj Rossii // *Agrojekologija i genetika*, 2019. – T. 55. – S. 89–97. [in Russian]

ҚОСТАНАЙ ОБЛЫСЫНЫҢ ӘРТҮРЛІ АГРОКЛИМАТТЫҚ АЙМАҚТАРЫНДА ЖАЗДЫҚ ЖҰМСАҚ БИДАЙ (*TRITICUM AESTIVUM* L.) СОРТТАРЫНЫҢ ӨНІМДІЛІГІ МЕН БЕЙІМДЕЛГІШТІГІ

Ансабаева А.С.¹, PhD, қауымдастырылған профессор
Исаева Ж.Б.^{2*}, PhD, қауымдастырылған профессор
Закиева А.А.³, PhD, қауымдастырылған профессор
Жуматаева Ж.Б.⁴, PhD
Демесінова А.А.⁴, PhD

¹Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті, Қостанай қ., Қазақстан

²«Инновациялық Еуразия университеті» ЖШС, Павлодар қ., Қазақстан

³Шәкәрім университеті, Семей қ., Қазақстан

⁴Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда қ., Қазақстан

Аңдатпа. Мақалада Солтүстік Қазақстандағы Қостанай облысының әртүрлі агроклиматтық жағдайларында жаздық жұмсақ бидайдың (*Triticum aestivum* L.) алты сортының өнімділігі мен бейімделгіштігін кешенді бағалау нәтижелері ұсынылған. Далалық зерттеулер 2022-2024 жылдары Банновка (АКА-1) және Садчиковка (АКА-2) агроклиматтық аймақтарында сүрі жер және дөңді дақылдар аңызы фонында жүргізілді. Зерттеу нысаны ретінде Патриция, Гранни, KWS Вуган, Одинцовская, Инжу және Айна сорттары алынды. Сорттардың қоршаған орта жағдайларына бейімделу ерекшеліктерін анықтау мақсатында өнімділік көрсеткіштері мен дән сапасы зерттелді.

Зерттеу нәтижелері өнімділіктің агроклиматтық жағдайларға, гидротермиялық режимге және алғы дақылға айтарлықтай тәуелді екенін көрсетті. Сүрі жер фонында өсірілген егістіктердің өнімділігі аңыздық фонмен салыстырғанда 11-21 ц/га жоғары болды. Екінші агроклиматтық аймақта (АКА-2) сорттар арасында статистикалық тұрғыдан мәнді айырмашылықтар анықталды ($p = 0,039$), бұл генотиптердің қоршаған орта факторларына әртүрлі деңгейде жауап беретінін көрсетті. Патриция, Гранни және KWS Вуган сорттары өнімділік пен бейімделгіштік көрсеткіштері бойынша жоғары нәтижелерге қол жеткізді. Дән сапасының көрсеткіштері негізінен вегетациялық кезеңдегі ауа райы жағдайларымен анықталды және сорттық ерекшеліктердің әсері салыстырмалы түрде төмен болды.

Алынған нәтижелер Солтүстік Қазақстан жағдайында жаздық жұмсақ бидайдың сорттық құрамын жетілдіру, сондай-ақ климаттың құрғақтану үдерісі күшейген жағдайда бейімделген өсіру технологияларын әзірлеу үшін пайдаланылуы мүмкін.

Тірек сөздер: жаздық жұмсақ бидай, агроклиматтық аймақ, өнімділік, бейімделгіштік, экологиялық икемділік, дән сапасы, Солтүстік Қазақстан.

ПРОДУКТИВНОСТЬ И АДАПТИВНОСТЬ СОРТОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ (*TRITICUM AESTIVUM* L.) В РАЗЛИЧНЫХ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОНАХ КОСТАНАЙСКОЙ ОБЛАСТИ

Ансабаева А.С.¹, PhD, ассоциированный профессор
Исаева Ж.Б.^{2*}, PhD, ассоциированный профессор
Закиева А.А.³, PhD, ассоциированный профессор
Жуматаева Ж.Б.⁴, PhD.
Демесинова А.А.⁴, PhD.

¹Костанайский региональный университет имени Ахмета Байтурсынова, г. Костанай, Казахстан

²ТОО «Инновационный Евразийский университет», г. Павлодар, Казахстан

³Университет имени Шакарима, г. Семей, Казахстан

⁴Кызылординский университет имени Коркыт Ата, г. Кызылорда, Казахстан

Аннотация. В статье представлены результаты комплексной оценки продуктивности и адаптивности шести сортов яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) в контрастных агроклиматических условиях Костанайской области Северного Казахстана. Полевые исследования проводились в 2022-2024 гг. в двух агроклиматических зонах — Банновка (АКЗ-1) и Садчиковка (АКЗ-2) на двух агрофонах: по пару и по стерне зерновых культур. Изучались сорта Патриция, Гранни, KWS Buran, Одинцовская, Инжу и Айна. Оценка урожайности и показателей качества зерна проводилась для определения адаптивной реакции сортов на различные условия среды.

Установлено, что уровень урожайности существенно зависел от агроклиматических условий, гидротермического режима и типа предшественника. Паровой агрофон обеспечивал прибавку урожайности от 11 до 21 ц/га по сравнению со стерневым. Во второй агроклиматической зоне выявлены статистически значимые различия между сортами ($p = 0,039$), что свидетельствует о различной реакции генотипов на факторы среды. Наиболее высокие показатели продуктивности и адаптивности продемонстрировали сорта Патриция, Гранни и KWS Buran. Качественные показатели зерна в большей степени определялись погодными условиями вегетационного периода, чем сортовыми особенностями.

Полученные результаты могут быть использованы для оптимизации сортового состава и разработки адаптивных технологий возделывания яровой мягкой пшеницы в условиях усиливающейся аридизации климата Северного Казахстана.

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, агроклиматическая зона, урожайность, адаптивность, экологическая пластичность, качество зерна, Северный Казахстан.

PRE-HARVEST SPROUTING AND SEED DORMANCY IN SPRING WHEAT COLLECTION: RELATIONSHIPS WITH YIELD COMPONENTS UNDER CONTRASTING ENVIRONMENTS IN KAZAKHSTAN

Amalova A.Y.¹, PhD

akerke.amalova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7903-3467>

Genievskaya Y.A.¹, PhD

julia.genievskaya@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5987-2952>

Yermagambetova M.M.¹, PhD

ermaganbetova.moldir@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4737-2384>

Chudinov V.A.², Deputy director for research,

ch.den@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6740-8383>

Turuspekov Y.K.¹, Candidate of Biological Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan under the President of the Republic of Kazakhstan yerlant@yahoo.com, <https://orcid.org/0000-0001-8590-1745>

¹*Institute of Plant Biology and Biotechnology, Almaty, Kazakhstan*

²*Karabalyk Agricultural Experimental Station, Kostanay region, Kazakhstan*

Annotation. This study evaluated genetic variation in pre-harvest sprouting (PHS), seed dormancy, and yield-related traits in a diverse panel of 270 spring wheat accessions grown under two contrasting environments in Kazakhstan. Significant phenotypic variation was observed for agronomic traits, yield components, and PHS resistance, indicating substantial genetic diversity within the collection. Environmental conditions strongly influenced yield formation: spike productivity traits predominated in the Almaty region, whereas grain filling efficiency was the main determinant of yield in Kostanay. PHS exhibited wide variation among genotypes, with higher susceptibility observed in the northern environment. Nineteen genotypes showed stable resistance across both environments, representing valuable genetic resources for breeding. Notably, all resistant genotypes were characterized by red grain color, confirming the association between grain pigmentation and dormancy. Seed dormancy, assessed via germination index (GI), was significantly affected by environment and showed an inverse relationship with PHS. Correlation and multivariate analyses revealed weak negative relationships between PHS and yield components, suggesting that slightly reduce yield. Principal component analysis (PCA) and genotype-by-environment interaction (GGE) biplot analyses identified stable and high-performing genotypes, including CAWBIN-179, CAWBIN-222, and CAWBIN-385. These findings demonstrate the feasibility of combining high-yielding potential with PHS resistance in spring wheat breeding programs.

Keywords: *Triticum aestivum* L., pre-harvest sprouting, seed dormancy, plant adaptation, yield components.

Introduction. Pre-harvest sprouting (PHS) is a major constraint affecting wheat production worldwide, particularly in regions where rainfall and high humidity occur during the grain maturation period [1]. The premature germination of physiologically mature grains in the spike leads to substantial deterioration of grain quality, including increased α -amylase activity, reduced falling number, and impaired end-use properties such as baking quality [2-3]. As a consequence, PHS not only reduces grain market value but also limits its suitability for processing industries. In the context of ongoing climate change, the frequency of unpredictable precipitation events during the late stages of crop development has increased, making PHS an increasingly critical factor in wheat production systems [4].

Resistance to PHS is a complex trait governed by multiple genetic, physiological, and environmental factors [5-7]. To date, many genetic factors controlling these traits have been identified. For example, the transcription factor *Tamyb10* has been identified for grain color.

The *TaDFR* gene, which affects grain color, PHS resistance, and anthocyanin synthesis, is localized on chromosomes 3A, 3B, and 3B [8-10]. The *TaMFT* gene, a homolog of wheat *TaPHS1* associated with seed dormancy [11-12]. *TaMKK3-A*, formerly known as *Phs1*, located on chromosome 4A, is another key gene controlling seed dormancy [13]. Genes associated with seed dormancy *TaSdr*, *TaVp-1*, and *TaGASR34* were identified using a homology-based cloning approach, and corresponding functional markers were developed for them [14-16]. Among these, seed dormancy plays a central role in preventing premature germination under favorable moisture conditions [17]. Dormancy is primarily regulated by hormonal balance, particularly abscisic acid and gibberellins, and is influenced by both genetic background and environmental conditions during grain development [18-19]. However, the expression of dormancy is highly dynamic and can vary significantly across environments, making the evaluation of PHS resistance particularly challenging. This highlights the necessity of multi-environment testing to accurately assess genotype performance and stability.

In addition to its direct impact on grain quality, PHS may be associated with agronomic traits and yield components. Grain yield in wheat is a complex trait determined by several interrelated components, including the number of kernels per spike (NKS), thousand-kernel weight (TKW), and grain yield per unit area (YM2). These components are influenced by both genetic factors and environmental conditions and may contribute differently to yield formation under contrasting environments [20]. In particular, environmental variation can shift the relative importance of grain number versus grain weight, resulting in distinct yield formation strategies [21]. Understanding these relationships is essential for identifying genotypes that combine high yield potential with resistance to PHS.

To address these complexities, multivariate statistical approaches are widely used to analyze relationships among traits. Correlation analysis provides insight into pairwise relationships among variables, while principal component analysis (PCA) identifies major sources of variation and trait groupings [22]. Furthermore, genotype-plus-genotype-by-environment (GGE) biplot analysis is an effective tool for evaluating genotype performance and stability across environments, enabling the identification of both broadly and specifically adapted genotypes [23]. These approaches are particularly useful when analyzing large and diverse germplasm collections under contrasting environmental conditions.

Kazakhstan is an important region for wheat production, characterized by diverse climatic conditions, ranging from relatively dry, warm southeastern areas to cooler, more favorable northern regions. In 2023, prolonged rainfall led to severe PHS across approximately 2.7 million hectares in Kazakhstan, representing about 15% of the harvested area. Yield losses were particularly high in certain regions, reaching up to 20% in Kostanay and 60% in Karaganda [24]. Such environmental contrasts provide an excellent opportunity to study genotype performance, yield formation, and the expression of pre-harvest sprouting (PHS) under different conditions. To date, several studies in Kazakhstan have assessed PHS resistance in grain using biochemical approaches, analyzing α -amylase activity, molybdenum content, and abscisic acid (ABA) levels [25-26]. In addition, breeding programs have focused on developing high-yielding, high-quality bread wheat varieties with reduced susceptibility to PHS under the conditions of Western Kazakhstan [27]. However, comprehensive studies integrating PHS, seed dormancy, yield components, and multi-environment analysis in this region remain limited.

Therefore, the aim of this study was to evaluate the variation in pre-harvest sprouting and seed dormancy in a diverse collection of 270 spring wheat accessions and to investigate their relationships with agronomic traits and yield components under two contrasting environments in Kazakhstan. Specifically, the objectives were to 1) assess the level of PHS and germination index (GI), 2) analyze variation in plant adaptation and yield-related traits, 3)

determine relationships among traits using correlation and principal component analysis, and 4) evaluate genotype performance and stability using GGE biplot analysis to identify genotypes combining high yield potential with resistance to pre-harvest sprouting.

Materials and Methods. *Plant material.* A collection of 270 spring bread wheat (*Triticum aestivum* L.) accessions was used in this study. The collection included: 1) 96 commercial and advanced cultivars from Kazakhstan and Russia, including 58 varieties officially approved for cultivation in Kazakhstan; 2) 84 breeding lines and 3 cultivars developed at the Alexandr Barayev Scientific-Production Center for Grain Farming (Shortandy, Akmola region); and 3) 84 cultivars and lines originating from Kazakhstan, Russia, USA, Canada, Mexico, Germany, and Australia, provided by the Research Institute of Biological Safety Problems (South Kazakhstan).

Field experiments and trait evaluation. Field trials were conducted during the 2024 growing season at two contrasting locations in Kazakhstan: the Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing (KRIAPI, Almaty region, southeastern Kazakhstan) and the Karabalyk Agricultural Experimental Station (KAES, Kostanay region, northern Kazakhstan). The experiment was established using a randomized plot arrangement with two replications at each location. Plants were grown in experimental plots with 15 cm row spacing and 5 cm spacing between plants within rows. Standard agronomic practices were applied throughout the growing season [28]. Mean values of agronomic traits were calculated from harvested data across both environments. The climate conditions recorded during the trials are shown in Table 1.

Table 1 – Location, environment, and weather data at two regions in Kazakhstan

Site / Region	KRIAPI, Almaty region	KAES, Kostanay region
Latitude / Longitude	43°21' / 76°53'	53.45 / 62.03
Altitude, m	740	189
Soil type	Light chestnut (humus 2.0-2.5%)	Black soil (humus 4.5-5.0%)
Conditions	Rainfed	Rainfed
Year	2024	2024
Annual rainfall, mm	383.6	251.7
Mean temperature, °C	19.7	18.5
Max temperature, °C	24.5	22.8
Min temperature, °C	13.5	10.7

The evaluated traits were grouped into two categories: 1) Plant adaptation traits: heading date (HD), seed maturation date (SMD), vegetation period (VP), and plant height (PH); 2) Yield components: spike length (SL), number of kernels per spike (NKS), thousand kernel weight (TKW), kernel width (KW), kernel length (KL) and grain yield per m² (YM2).

Assessment of pre-harvest sprouting. Resistance to PHS was evaluated using standard laboratory approaches. Spikes were collected at the wax ripeness stage from both experimental locations. To assess resistance to PHS, or germination index (GI), two common methods were used, described in the works of Yiwen et al. (2022), Liu et al. (2021), and Walker-Simmons et al. (1988) [5, 29,30]: measuring grain germination in the spike in a climate chamber and calculating the GI in Petri dishes. The percentage of sprouted grains (PHS, %) and germination index (GI, %) were used as indicators of sprouting susceptibility.

Statistical analysis. Analysis of variance (ANOVA) was performed to assess the effects of genotype (G), environment (region, R), and the genotype × environment interaction (G×R) on all traits studied. Pearson correlation analysis was conducted to evaluate relationships among agronomic traits, yield components, and PHS-related parameters.

Statistical analyses, including Pearson's correlation coefficients, boxplot visualization, ANOVA, GGE biplot, and PCA, were conducted using the R statistical environment [31].

Results and discussion. *Variation of agronomic traits and yield formation of wheat collection.* The distribution of agronomic traits showed significant variability among the 270 spring wheat accessions evaluated in two contrasting environments, indicating high phenotypic diversity within the studied germplasm (Figure 1).

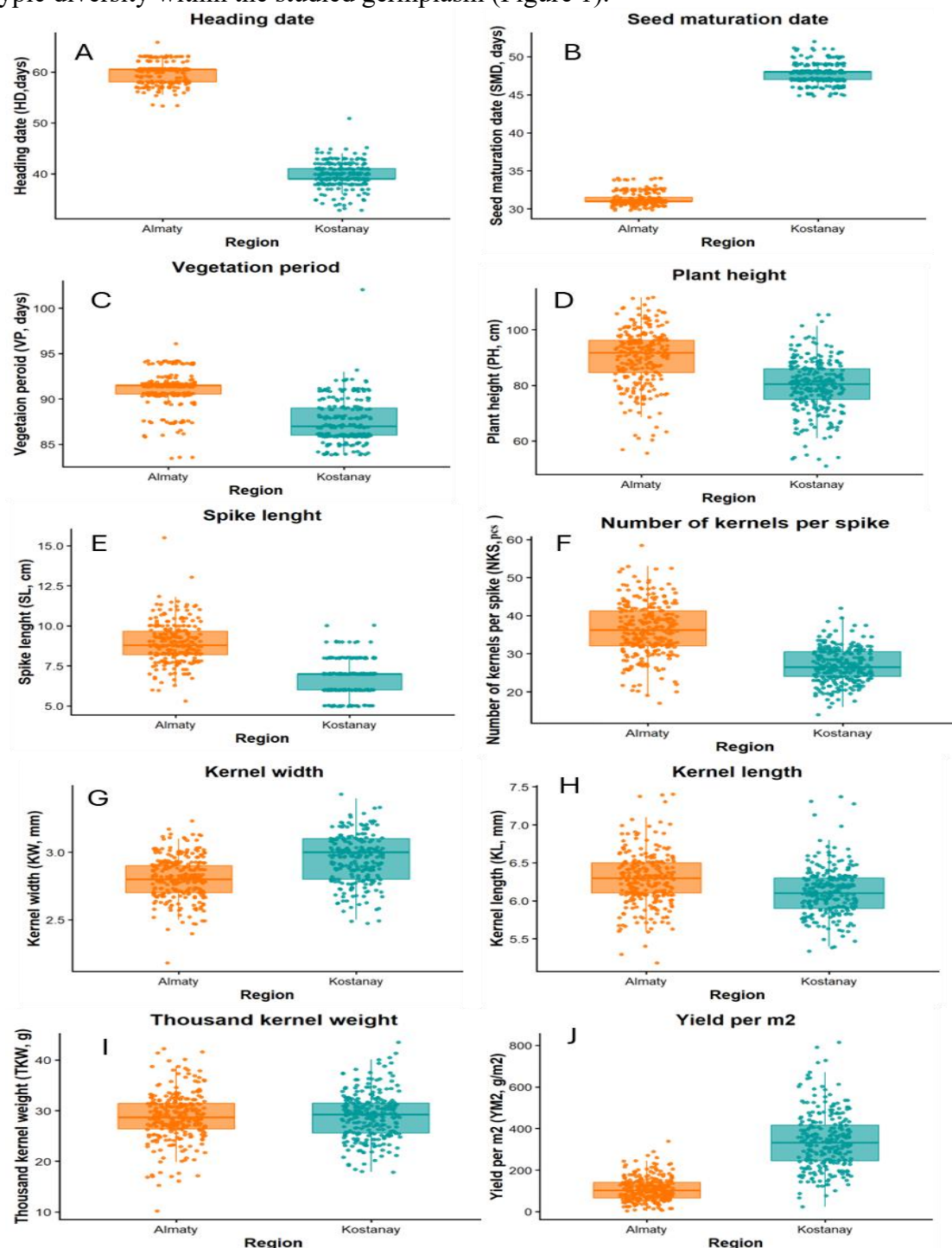


Figure 1 – Distribution of agronomic traits among 270 spring wheat accessions evaluated in two regions of Kazakhstan

Note: HD – heading date (days), SMD – seed maturation date (days), PH – plant height (cm), SL – spike length (cm), NKS – number of kernels per spike, KW – kernel width (mm), KL – kernel length (mm), TKW – thousand kernel weight (g), YM2 – yield per m² (g m²)

Traits related to plant development, including HD, SMD, VP, and PH, as well as yield components such as SL, NKS, TKW, KW, KL, and YM2, exhibited wide ranges (Figure 1). A clear regional differentiation was observed, reflecting the strong influence of environmental conditions on plant growth and productivity. In the KRIAPI (Almaty region), genotypes demonstrated a longer plant developmental stage, with HD reaching 59.8 ± 0.12 days compared to 39.7 ± 0.14 days in KAES (Kostanay region), while SMD ranged from 31.3 ± 0.05 to 47.6 ± 0.08 days. Similarly, plant height was greater in the Almaty region (90.1 ± 0.63 cm vs. 79.9 ± 0.56 cm), followed by higher values of SL (8.9 ± 0.08 cm vs. 6.7 ± 0.06 cm) and NKS (36.4 ± 0.43 vs. 26.9 ± 0.27 pcs).

In contrast, grain yield per m² was significantly higher in the Kostanay region (338.7 ± 8.19 g/m² vs. 108.4 ± 3.43 g/m²), indicating that this environment is more favorable for efficient grain filling and yield realization. Kernel traits also showed environment-specific patterns, with higher kernel width (3.0 ± 0.01 mm) observed in the Kostanay region, indicating differences in grain development processes (Figure 1).

Pre-harvest sprouting and seed dormancy. Pre-harvest sprouting (PHS) showed substantial variation among genotypes, with mean values of $55.2 \pm 1.47\%$ in the KRIAPI (Almaty region) and $60.2 \pm 1.37\%$ in KAES (Kostanay) (Figure 2A). The higher PHS levels observed in the Kostanay region indicate that environmental conditions there were more favorable for sprouting, likely due to differences in temperature and moisture during grain maturation.

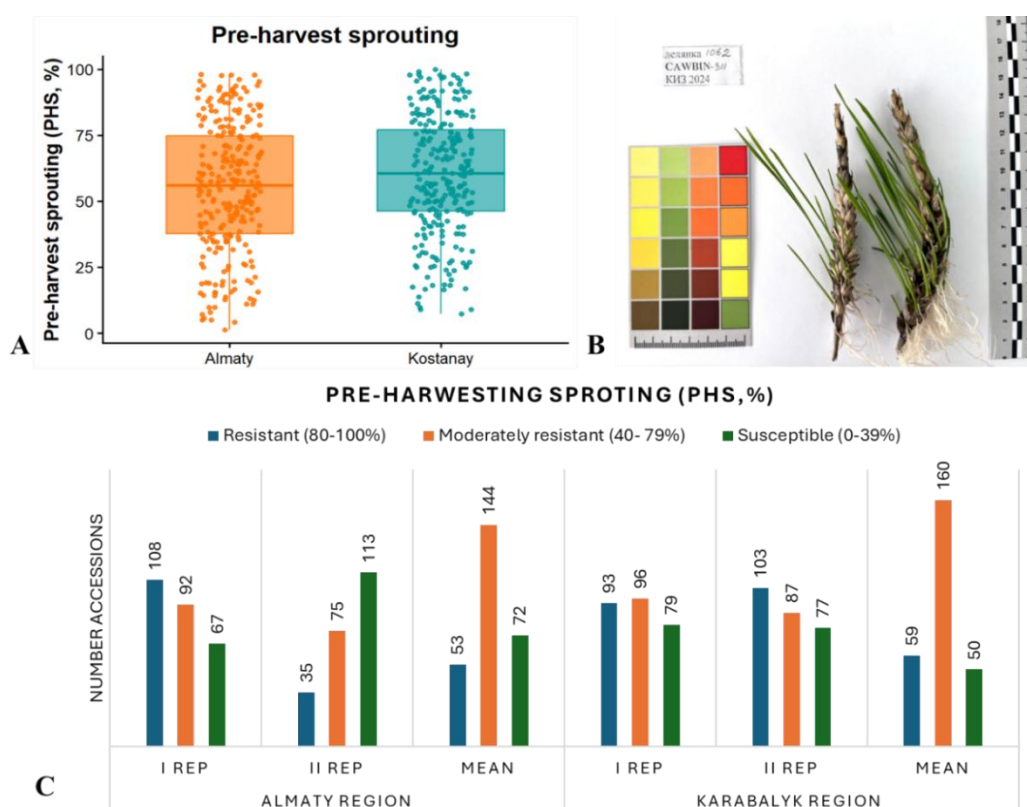


Figure 2 – Distribution of pre-harvest sprouting (PHS, %) among 270 spring wheat accessions evaluated in two regions of Kazakhstan (Almaty and Kostanay) Note: A – distribution of PHS values across genotypes; B – example of spike germination under controlled conditions in a climate chamber; C – classification of genotypes into three categories based on PHS levels.

A total of 53 resistant genotypes were identified in the Almaty region, and 59 in the Kostanay region, confirming the availability of genetic variation for PHS resistance (Figure

2B, C). Importantly, 19 genotypes exhibited stable resistance across both environments, highlighting their robustness under contrasting conditions. These genotypes included CAWBIN-246, CAWBIN-254, CAWBIN-259, CAWBIN-263, CAWBIN-272, CAWBIN-273, CAWBIN-279, CAWBIN-285, CAWBIN-298, CAWBIN-325, CAWBIN-346, CAWBIN-351, CAWBIN-363, CAWBIN-367, CAWBIN-376, CAWBIN-385, CAWBIN-387, CAWBIN-408, and CAWBIN-430. Among these, three genotypes originated from Russia and Germany, while the majority (16 genotypes) were developed in Kazakhstan, including accessions from the Barayev Scientific and Practical Center for Farming and genotypes included in the State Register of Breeding Achievements. Notably, all 19 genotypes that exhibited stable resistance to pre-harvest sprouting across both environments were characterized by red grain color, suggesting a strong association between grain pigmentation and sprouting resistance. The germination index (GI), used as an indirect indicator of seed dormancy, also showed considerable variation among genotypes across both regions (Figure 3A, B). GI values ranged from $90.6 \pm 0.41\%$ in the KRIAPI (Almaty region) to $93.55 \pm 0.22\%$ in the KAES (Kostanay region) (Figure 3A).

The classification of genotypes into dormancy categories revealed distinct patterns. In the Almaty region, 134 genotypes demonstrated strong dormancy, 85 moderate, and 49 weak, whereas in the Kostanay region, the number of strongly dormant genotypes decreased (80), and moderately dormant genotypes increased (114). This shift suggests that environmental conditions influence the expression of dormancy, likely through physiological processes regulating hormone balance and seed maturation (Figure 3C).

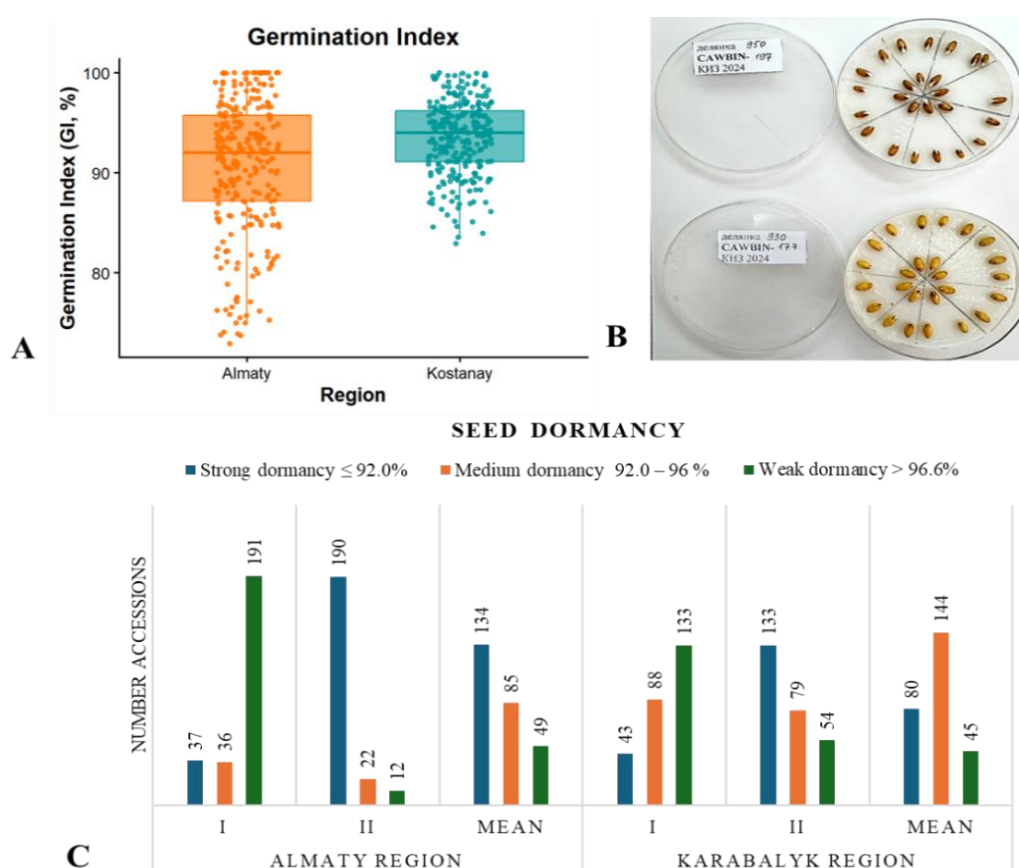


Figure 3 – Distribution of germination index (GI, %) as an indicator of seed dormancy among 270 spring wheat accessions evaluated in two regions of Kazakhstan

Note: A – distribution of GI values across genotypes; B – representative examples of seed germination in Petri dishes; C – comparison of selected genotypes based on seed dormancy and related traits

A total of 45 genotypes consistently exhibited moderate dormancy across both environments. Among these, CAWBIN-385 was particularly notable for combining moderate dormancy with resistance to PHS. This combination is of high practical value, as it indicates the presence of genotypes that can maintain resistance while ensuring adequate germination.

Trait relationships and environmental effects. The Pearson correlation analysis revealed distinct patterns of relationships among agronomic traits, yield components, and pre-harvest sprouting (PHS)-related parameters in the two studied environments (Figure 4).

Phenological traits showed strong associations, particularly between HD and VP, with a high positive correlation observed in both regions ($r = 0.91$ in Almaty and $r = 0.83$ in Kostanay), indicating a consistent relationship between developmental timing traits. In both regions, strong positive correlations were observed among yield-related traits. In the Almaty region (Figure 4A), SL showed a positive correlation with PH and TKW, while KW was strongly associated with KL. Similarly, in the Kostanay region (Figure 4B), strong positive relationships were observed between KW and KL, and between SL and PH. Correlations involving PHS and GI were generally weak or negligible in both regions. In Almaty, PHS showed slight negative correlations with YM2 ($r = -0.22$) and TKW ($r = -0.16$), whereas in Kostanay, correlations between PHS and most traits were near zero. GI also showed weak associations with most traits in both environments (Figure 4).

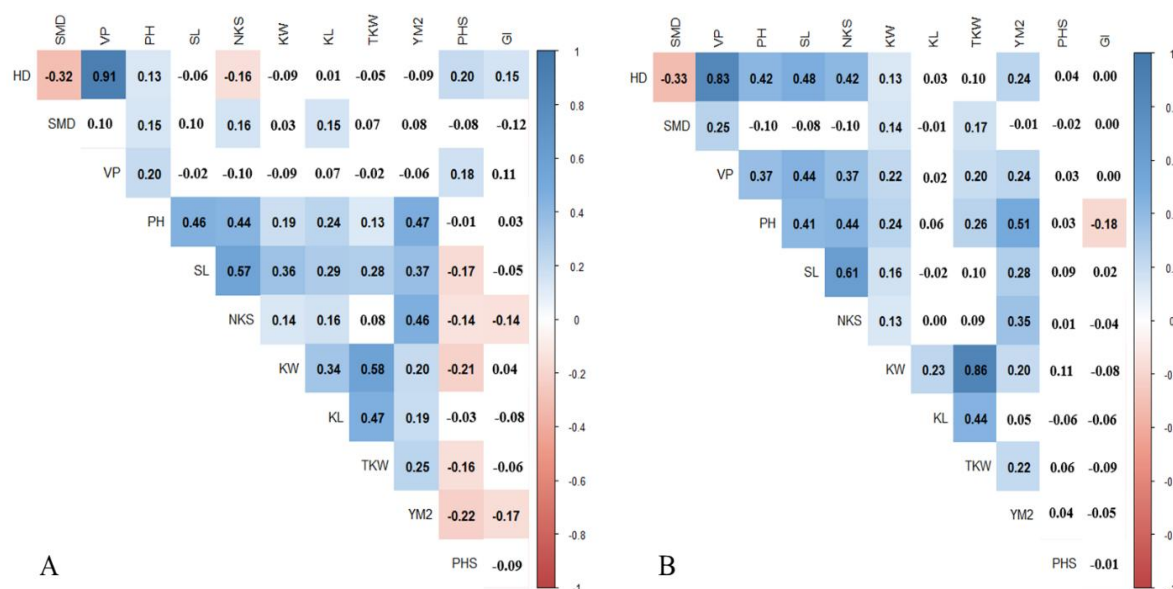


Figure 4 – Pearson correlation matrix among agronomic traits, yield components, and pre-harvest sprouting-related traits in 270 spring wheat accessions grown in two regions of Kazakhstan: A – Almaty region, B – Kostanay region

Note: HD – heading date (days), SMD – seed maturation date (days), PH – plant height (cm), SL – spikes length (cm), NKS – number of kernels per spike (pcs), TKW – thousand kernels weight (g), YM2 – yield per m² (g/m²), KW – kernel width (mm), KL – kernel length (mm), GI – germination index (%), PHS – pre-harvest sprouting (%). Correlations with $P < 0.05$ are highlighted in color. The color indicates a positive (blue) or negative (red) correlation.

The analysis of variance (ANOVA) revealed that genotype (G), environment (region, R), and their interaction ($G \times R$) had significant effects on most of the studied traits (Table 2). Genotype had a highly significant effect ($P < 0.001$) on all major agronomic traits, including PH, SL, NKS, KW, KL and YM2. This indicates substantial genetic variability within the studied collection. The environmental effect (region) was also highly significant for most traits. Particularly strong effects were observed for SL, YM2, PH, and NKS, indicating a

pronounced influence of environmental conditions on plant development and yield formation. In contrast, the effect of region on TKW was not significant. For PHS, genotype ($P = 0.018$) and environment ($P = 0.007$) effects were significant, whereas interaction was not ($P = 0.95$). For GI, only the environmental effect was significant ($P < 0.001$) (Table 2).

Table 2 – Analysis of variance (ANOVA) for agronomic traits, yield components, and pre-harvest sprouting parameters in 270 spring wheat accessions evaluated in two regions of Kazakhstan

Plant height (PH, cm)						
1	2	3	4	5	6	7
Factor	Df	Sum Sq	Mean Sq	F-value	Pr(>F)	P-value
Genotype (G)	268	55388	207	5.624	<2e-16	***
Region (R)	1	25563	25563	695.626	<2e-16	***
G:R	264	36896	140	3.803	<2e-16	***
Spike length (SL, cm)						
Factor	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	P-value
Genotype (G)	268	884	3.3	7.644	<2e-16	***
Region (R)	1	1202.9	1202.9	2787.612	<2e-16	***
G:R	264	371.9	1.4	3.264	<2e-16	***
Number of kernels per spike (NKS, pcs)						
Factor	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	P-value
Genotype (G)	268	17607	66	2.47	< 2e-16	***
Region (R)	1	22494	22494	845.707	< 2e-16	***
G:R	264	14939	57	2.127	4.52E-13	***
Thousand kernel weight (TKW, g)						
Factor	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	P-value
Genotype (G)	268	11695	43.64	1.432	0.00054	***
Region (R)	1	11	10.92	0.358	0.54969	
G:R	258	8604	33.35	1.094	0.20802	
Kernel width (KW, mm)						
Factor	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	P-value
Genotype (G)	268	12.642	0.047	1.746	1.95E-07	***
Region (R)	1	3.561	3.561	131.79	< 2e-16	***
G:R	258	8.851	0.034	1.27	0.016	*
Kernel length (KL, mm)						
Factor	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	P-value
Genotype (G)	268	63.05	0.235	2.607	< 2e-16	***
Region (R)	1	5.35	5.354	59.327	1.03E-13	***
G:R	258	28.08	0.109	1.206	0.0464	*
Yield per m ² (YM ₂ , g/m ²)						
Factor	Df	Sum Sq	Mean Sq	F-value	Pr(>F)	P-value
Genotype (G)	268	5991435	22356	3.075	<2e-16	***
Region (R)	1	14315071	14315071	1968.941	<2e-16	***
G:R	267	5283655	19789	2.722	<2e-16	***
Pre-harvest sprouting (PHS, %)						
Factor	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	P-value
Genotype (G)	268	325655	1215	1.249	0.01811	*
Region (R)	1	7042	7042	7.238	0.00738	**
G:R	267	217265	814	0.836	0.94858	
Germination Index (GI, %)						
Factor	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	P-value

1	2	3	4	5	6	7
Genotype (G)	268	14176	52.9	0.566	1	
Region (R)	1	2572	2572.4	27.542	2.32E-07	***
G:R	266	13182	49.6	0.531	1	
Note: P – values are provided with significance level indicated by the asterisks; * P < 0.05, ** P < 0.01, *** P < 0.001						

Multivariate analysis of genotype performance. Principal component analysis (PCA) revealed a clear separation of genotypes according to the two environments studied (Figure 5). The first principal component (PC1) accounted for 40.5% of the total variation, while the second component (PC2) accounted for 17.3%, together explaining 57.8% of the overall variability. Genotypes from the Almaty region were predominantly distributed on the negative side of PC1, whereas those from the Kostanay region were on the positive side, indicating strong environmental differentiation. The PCA biplot showed that traits associated with plant development and spike productivity, including HD, VP, PH, SL, and NKS, were grouped towards the Almaty region. In contrast, yield-related traits such as YM2, KW, and SMD were associated with the Kostanay region. TKW and KL were positioned along the vertical axis (PC2), indicating their contribution to variation independent of regional separation. PHS and GI were clustered near the origin of the biplot, suggesting weaker associations with the main axes of variation and limited contribution to the differentiation between environments.

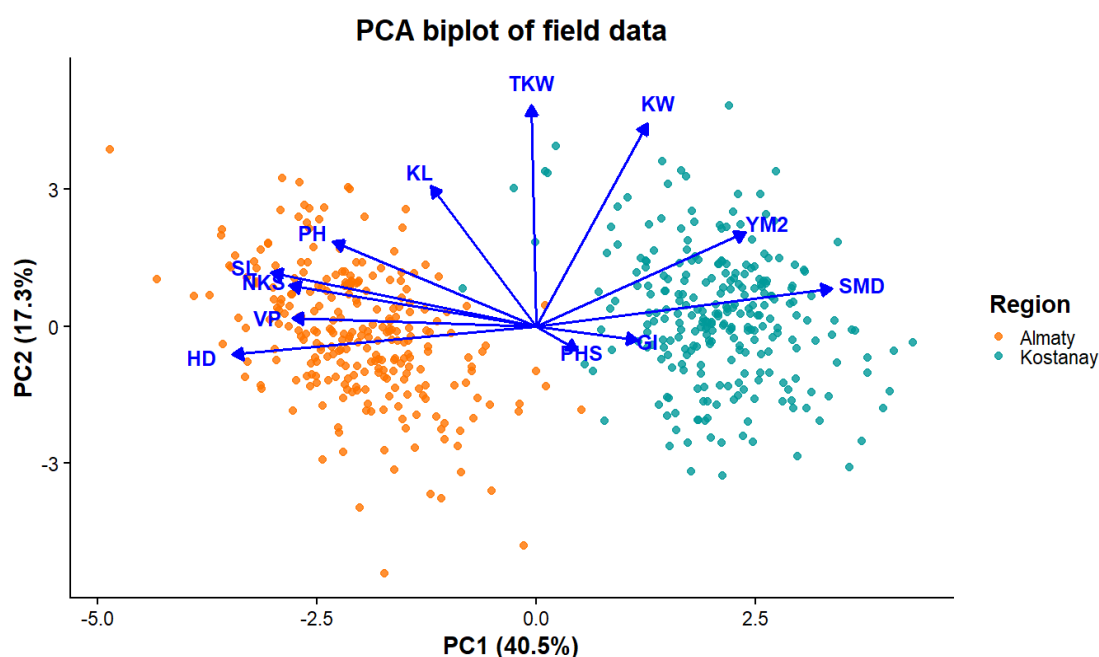


Figure 5 – Principal component analysis (PCA) biplot of all studied traits showing the distribution of 270 spring wheat accessions across two regions (Almaty and Kostanay)

The GGE biplot further demonstrated genotype stability and adaptability (Figure 6). With PC1 explaining 85.3% of the variation, most genotypes clustered near the origin, indicating stable performance across environments. However, several genotypes showed specific adaptation, reflecting genotype $\times$ environment interactions. Genotypes such as CAWBIN-179 and CAWBIN-222 combined high-yield performance with stability, making them particularly valuable for breeding programs.

The identification of top-performing genotypes revealed clear differences between environments (Table 3). In the Almaty region, yield formation was primarily associated with spike productivity, with CAWBIN-179 showing the highest NKS (58.5 pcs).

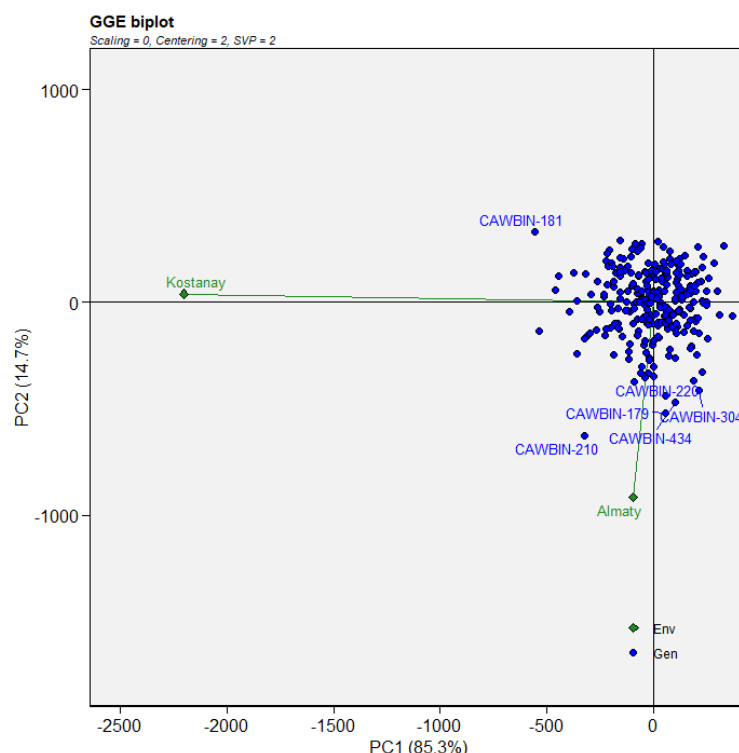


Figure 6 – GGE biplot showing genotype performance and stability for grain yield (YM2) across two environments (Almaty and Kostanay)

In contrast, in the Kostanay region, yield was driven by grain filling, with CAWBIN-181 achieving the highest yield (815.5 g/m²). The presence of genotypes that perform well across environments, such as CAWBIN-179 and CAWBIN-222, highlights the potential to develop broadly adapted cultivars. At the same time, environment-specific genotypes may be useful for targeted breeding programs.

Importantly, the combined analysis of yield traits, PHS resistance, and seed dormancy suggests that it is possible to identify genotypes that balance productivity and stress resistance. In particular, genotypes with moderate seed dormancy and stable PHS resistance represent the most promising candidates for breeding programs aimed at improving wheat resilience under changing climatic conditions.

Table 3 – Top-performing spring wheat accessions based on yield components (NKS, TKW, YM2) in two regions of Kazakhstan

Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing (Almaty region)					
1	2	3	4	5	6
Accessions	NKS, pcs	Accessions	TKW, g	Accessions	YM2,g/m ²
CAWBIN-	58.5	CAWBIN-177	42.2	CAWBIN-210	338.8
CAWBIN-	53.0	CAWBIN-176	41.6	CAWBIN-179	288.7
CAWBIN-	52.5	CAWBIN-172	41.4	CAWBIN-434	269.8
CAWBIN-	52.3	CAWBIN-243	40.1	CAWBIN-220	259.6
CAWBIN-	52.3	CAWBIN-170	39.8	CAWBIN-304	244.9
CAWBIN-	51.5	CAWBIN-433	38.7	CAWBIN-433	242.8
CAWBIN-	50.3	CAWBIN-219	38.7	CAWBIN-204	232.4
CAWBIN-	49.3	CAWBIN-363	38.4	CAWBIN-305	230.7
CAWBIN-	49.0	CAWBIN-185	38.0	CAWBIN-404	229.5
CAWBIN-	48.7	CAWBIN-240	38.0	CAWBIN-332	227.2

1	2	3	4	5	6
Kaz 4	30.5	Kaz 4	29.4	Kaz 4	140.8
Min*	17.00	Min*	10.20	Min*	6.2
Max*	58.5	Max*	42.2	Max*	338.8
Mean $\pm$ SE*	36.3 $\pm$ 0.43	Mean $\pm$ SE*	28.6 $\pm$ 0.29	Mean $\pm$ SE*	108.3 $\pm$ 3.43
Karabalyk Agricultural Experimental Station (Kostanay region)					
Accessions	NKS, pcs	Accessions	TKW, g	Accessions	YM2,g/m ²
CAWBIN-	42.0	CAWBIN-410	43.5	CAWBIN-181	815.5
CAWBIN-	39.5	CAWBIN-432	41.3	CAWBIN-217	791.0
CAWBIN-	38.5	CAWBIN-217	40.5	CAWBIN-188	728.0
CAWBIN-	37.5	CAWBIN-179	40.1	CAWBIN-278	717.5
CAWBIN-	37.5	CAWBIN-172	39.4	CAWBIN-218	672.0
CAWBIN-	36.0	CAWBIN-218	39.3	CAWBIN-440	658.0
CAWBIN-	36.0	CAWBIN-229	38.8	CAWBIN-212	644.0
CAWBIN-	36.0	CAWBIN-391	38.1	CAWBIN-339	640.5
CAWBIN-	35.0	CAWBIN-207	37.5	CAWBIN-222	612.5
CAWBIN-	34.5	CAWBIN-414	37.4	CAWBIN-279	612.5
Aina	33.0	Aina	40.1	Aina	283.5
Min*	14.00	Min*	17.93	Min*	24.50
Max*	42.00	Max*	43.48	Max*	815.50
Mean $\pm$ SE*	26.90 $\pm$ 0.27	Mean $\pm$ SE*	28.95 $\pm$ 0.28	Mean $\pm$ SE*	338.65 $\pm$ 8.19

The results of this study clearly demonstrate that both genetic factors and environmental conditions play a decisive role in determining agronomic traits, yield formation, and resistance to PHS in spring wheat. The strong differentiation observed between the Almaty and Kostanay regions confirms that environmental conditions significantly influence plant development and productivity (Figure 1), which is consistent with previous studies emphasizing the importance of genotype $\times$ environment interactions in wheat [32-33].

The contrasting patterns of yield formation observed in the two environments indicate the presence of different adaptive strategies. In the Almaty region, higher values of spike-related traits (SL and NKS) suggest that yield formation is primarily determined by sink capacity, i.e., the potential number of kernels (Figure 1). In contrast, the significantly higher yield observed in the Kostanay region indicates that yield formation is more dependent on grain filling efficiency and assimilate partitioning (Figure 1). Similar shifts between sink- and source-limited yield formation have been reported in wheat under varying environmental conditions [34]. PHS exhibited substantial variation among genotypes, confirming its complex genetic architecture (Figure 2) [6-7]. The identification of 19 genotypes with stable resistance across environments is particularly important, as stability is a key requirement for breeding. Notably, all resistant genotypes had red grain color, consistent with previous findings that red-grained wheat is generally associated with greater dormancy and improved resistance to sprouting [35]. This relationship is often explained by the genetic linkage between grain color genes and loci controlling seed dormancy [36]. Seed dormancy is widely recognized as the primary physiological mechanism underlying resistance to PHS [19]. In the present study, dormancy was assessed indirectly using the GI, which revealed differences between environments (Figure 3). The higher GI values observed in the Kostanay region indicate reduced dormancy, which corresponds well with the higher PHS levels recorded in this environment (Figure 3). This confirms the inverse relationship between dormancy and sprouting susceptibility.

A particularly important finding of this study is the identification of genotypes with moderate dormancy as the most promising for breeding. While strong dormancy effectively prevents premature germination, it may adversely affect germination uniformity and field emergence, both of which are critical for crop establishment. Conversely, weak dormancy increases susceptibility to PHS (Figure 3). Therefore, moderate dormancy represents an optimal balance between protection against sprouting and the maintenance of agronomic performance, as reported in previous studies [37].

The correlation analysis provides further insight into trait relationships. The strong positive correlations among yield components indicate coordinated development of structural and grain traits, which is essential for yield formation. In contrast, the weak correlations between PHS, GI, and yield traits suggest that resistance to sprouting is largely independent of productivity (Figure 4). This is a highly important finding from a breeding perspective, as it indicates that improving PHS resistance is unlikely to result in yield penalties. Similar conclusions have been reported in previous studies [35]. The ANOVA results further support these conclusions by showing that yield-related traits are strongly influenced by genotype $\times$ environment interactions, whereas PHS showed no significant interaction effect (Table 2). This suggests that resistance to PHS is relatively stable across environments and is primarily genetically controlled. In contrast, the strong environmental effect on GI indicates that dormancy expression is sensitive to environmental conditions during seed development, highlighting the importance of multi-environment testing [38]. Multivariate analyses (PCA and GGE biplot) provided an integrated view of genotype performance. The clear separation of environments in PCA confirms the strong environmental influence on trait expression, while the positioning of PHS and GI near the origin indicates their weak association with major yield components (Figure 5). The GGE biplot further identified genotypes with stable performance across environments, which are particularly valuable for breeding programs (Figure 6).

A limitation of the present study is that genotype $\times$ environment interaction was evaluated using only two locations during a single growing season. Although the selected sites represent contrasting agroecological zones of Kazakhstan, the relatively limited number of environments may not fully capture the range of environmental variability encountered in wheat production. Therefore, additional multi-environment and multi-year trials are required to provide a more comprehensive assessment of genotype stability, adaptability, and environmental responsiveness.

Overall, the results demonstrate that it is possible to combine high yield potential, stability, and resistance to pre-harvest sprouting within a single genotype. In particular, genotypes exhibiting moderate dormancy and stable resistance, such as CAWBIN-385, represent promising candidates for breeding programs aimed at improving wheat resilience under changing climatic conditions.

Conclusion. This study provides strong evidence that pre-harvest sprouting resistance, seed dormancy, and yield-related traits can be effectively integrated in spring wheat. The substantial genetic variation observed, along with the identification of stable genotypes across contrasting environments, highlights the potential for developing resilient cultivars adapted to diverse conditions. Importantly, the weak relationships between PHS and yield components suggest that improving sprouting resistance is unlikely to result in yield penalties. The identification of genotypes with moderate dormancy as optimal further emphasizes the importance of balancing resistance and agronomic performance. The consistent performance of genotypes such as CAWBIN-179, CAWBIN-222, and CAWBIN-385 demonstrates their value as promising breeding material. These findings are particularly relevant under climate change scenarios, where increased rainfall variability elevates the risk of PHS. Overall, this study provides important insights into the genetic and environmental

regulation of PHS and offers practical guidance for breeding high-yielding and resilient wheat varieties.

Funding. This research has been funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan for 2024-2026 (Grant No. AP22785823 «Identification of DNA markers and genes associated with the “pre-harvest sprouting” in the collection of bread wheat *Triticum aestivum* L.»)

Literature:

[1] **Rajjou, L.**, Duval M., Gallardo K., Catusse J., Bally J., Job C., Job D. Seed germination and vigor // Annual Review of Plant Biology. – 2012. – Vol. 63. – P. 507-533. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042811-105550>.

[2] **Groos, C.**, Gay G., Perretant M. R., Gervais L., Bernard M., Dedryver F., & Charmet, G. Study of the relationship between pre-harvest sprouting and grain color by quantitative trait loci analysis in a white× red grain bread-wheat cross // Theoretical and Applied Genetics. – 2002. – Vol 104. – P. 39-47. <https://doi.org/10.1007/s001220200004>

[3] **Mares, D.J.**, Mrva K. Wheat grain preharvest sprouting and late maturity alpha-amylase // Planta. – 2014. –Vol. 240. – P. 1167-1178. <https://doi.org/10.1007/s00425-014-2172-5>

[4] **Ali, A.**, Cao, J., Jiang H., Chang C., Zhang H. P., Sheikh S. W., Shan L. & Ma C. Unraveling molecular and genetic studies of wheat (*Triticum aestivum* L.) resistance against factors causing pre-harvest sprouting // Agronomy. – 2019. – Vol. 9(3). – P. 117. <https://doi.org/10.3390/agronomy9030117>

[5] **Li, L.**, Zhang Y., Zhang Y., Li M., Xu D., Tian X., Cao S. Genome-wide linkage mapping for preharvest sprouting resistance in wheat using 15K single-nucleotide polymorphism arrays // Frontiers in Plant Science. – 2021. – Vol.12. – P. 749206. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.749206>

[6] **Tai, L.**, Wang H. J., Xu X. J., Sun W. H., Ju L., Liu W. T., Chen K. M. Pre-harvest sprouting in cereals: genetic and biochemical mechanisms // Journal of Experimental Botany. – 2021.– Vol.72(8). – P. 2857-2876. <https://doi.org/10.1093/jxb/erab024> .

[7] **Fedyeva, A.V.**, Salina E.A., Shumny V.K. Pre-harvest sprouting in soft winter wheat (*Triticum aestivum* L.) and evaluation methods // Russian Journal of Genetics. – 2023. – Vol. 59 (1). – P. 1-11. <https://doi.org/10.1134/S1022795423010052>

[8] **Himi, E.**, Maekawa M., Miura H., Noda K. Development of PCR markers for *Tamyb10* related to R-1, red grain color gene in wheat // Theoretical and Applied Genetics. – 2011. – Vol. 122. – P. 1561–1576. <https://doi.org/10.1007/s00122-011-1555-2>

[9] **Mares, D.**, Himi E. The role of *TaMYB10-A1* of wheat (*Triticum aestivum* L.) in determining grain coat colour and dormancy phenotype // Euphytica. – 2021 – Vol. 217(5). – P. 89. <https://doi.org/10.1007/s10681-021-02826-8>

[10] **Shin, D.H.**, Choi M.G., Kang C.S., Park C.S., Choi S.B., Park Y.I. Overexpressing the wheat dihydroflavonol 4-reductase gene *TaDFR* increases anthocyanin accumulation in an *Arabidopsis dfr* mutant // Genes & Genomics. – 2016. – Vol. 38. – P. 333-340. <https://doi.org/10.1007/s13258-015-0373-3>

[11] **Nakamura, S.**, Abe F., Kawahigashi H., Nakazono K., Tagiri A., Matsumoto T., Utsugi S., Ogawa T., Handa H., Ishida H. A wheat homolog of *MOTHER OF FT AND TFL1* acts in the regulation of germination // Plant Cell. – 2011. – Vol.23. – P. 3215-3129. <https://doi.org/10.1105/tpc.111.088492>

[12] **Liu, X.**, Zhang H., Zhao Y., Feng Z., Li, Q., Yang H.Q., Luan S., Li J., He Z.H. Auxin controls seed dormancy through stimulation of abscisic acid signaling by inducing ARF-mediated ABI3 activation in *Arabidopsis* // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2013. –Vol. 110. – P. 15485–15490. <https://doi.org/10.1073/pnas.1304651110>

[13] **Vetch, J. M.**, Tillett B. J., Bruckner P., Martin J.M., Marlowe K., Hooker M.A., See D.R., Giroux, M. J. *TAMFT-3A* and *TAMFT-3B2* homeologs are associated with wheat preharvest sprouting // The Plant Genome. – 2022. – Vol. 15(4). – P. e20250. <https://doi.org/10.1002/tpg2.20250>

[14] **Yang, Y.**, Zhao X.L., Xia L.Q., Chen X.M., Xia X.C., Yu Z., He Z.H., Roder M. Development and validation of a *Viviparous-1* STS marker for pre-harvest sprouting tolerance in

Chinese wheats // Theoretical and Applied Genetics. – 2007. – Vol. 115. – P. 971–980
<https://doi.org/10.1007/s00122-007-0624-z>

[15] **Liu, S.**, Sehgal S.K., Lin M., Li J., Trick H.N., Gill B.S., Bai G. Independent mis-splicing mutations in *TaPHS1* causing loss of preharvest sprouting (PHS) resistance during wheat domestication // New Phytologist. – 2015. – Vol. 208. – P. 928–935.
<https://doi.org/10.1111/nph.13489>

[16] **Zhang, Y.**; Xia X.; He Z. The seed dormancy allele *TaSdr-Ala* associated with pre-harvest sprouting tolerance is mainly present in Chinese wheat landraces // Theoretical and Applied Genetics. – 2017. – Vol. 130. – P. 81–89. <https://doi.org/10.1007/s00122-016-2793-0>

[17] **Gao, F.**, Ayele B.T. Functional genomics of seed dormancy in wheat: Advances and prospects // Frontiers in Plant Science. – 2014. – Vol. 5. – P. 458.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00458>

[18] **Liu, S.B.**, Sehgal S.K., Li J.R., Lin M., Trick H.N., Yu J., Gill B.S., Bai G.H. Cloning and characterization of a critical regulator for pre-harvest sprouting in wheat // Genetics. – 2013. – Vol. 195. – P. 263–273. <https://doi.org/10.1534/genetics.113.152330>

[19] **Nonogaki, H.** Seed dormancy and germination-emerging mechanisms and new hypotheses // Frontiers in plant science. – 2014. – Vol. 5. – P. 233.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00233>

[20] **Sadras, V.O.**, Slafer G.A. Environmental modulation of yield components in cereals: Heritabilities reveal a hierarchy of phenotypic plasticities // Field crops research. – 2012. – Vol. 127. – P. 215–224. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.11.014>

[21] **Reynolds, M.**, Manes Y., Izanloo A., Langridge P. Phenotyping approaches for physiological breeding and gene discovery in wheat // Annals of Applied Biology. – 2009. – Vol. 155(3). – P. 309–320. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2009.00351.x>

[22] **Jolliffe, I.T.**, Cadima J. Principal component analysis: a review and recent developments // Philosophical transactions of the royal society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. – 2016. – Vol. 374(2065). – P. 20150202. <https://doi.org/10.1098/rsta.2015.0202>

[23] **Yan, W.**, Nilsen K.T., Beattie A. Mega-environment analysis and breeding for specific adaptation // Crop Science. – 2023. – Vol. 63(2). – P. 480–494. <https://doi.org/10.1002/csc2.20895>

[24] Новости на портале Курсив. Веб-ресурс <https://kz.kursiv.media/2023-10-04/mrkv-bad-harvest> (дата обращения от 16.02.2024)

[25] **Мамытова, Н.**, Кузовлев В., Бабкенов А., Мамыкова С., Хакимжанов А., Фурсов О. Методы отбора зерна пшеницы на устойчивость к прорастанию на корню // Известие НАН РК. Серия биологическая и медицинская. – 2012. – №5 – С. 69–74

[26] **Shalakhmetova, G. A.**, Alikulov Z. A. Studying of the phenomenon of pre-harvest sprouting of wheat grain // Bulletin of The National Academy of Sciences of The Republic of Kazakhstan. – 2018. – Vol. 3. – P. 234–243.

[27] **Цыганков, В.И.**, Цыганков И.Г., Цыганкова М.Ю., Цыганков А.В. Продукционный процесс и элементы сортовой технологии яровой мягкой пшеницы в сухостепной зоне Казахстана // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2015. – Vol. 17(4-3). – P. 526–537.

[28] **Доспехов, Б.А.** Методика полевого опыта. – Москва: Колос, 1973. – 335 с.

[29] **Yiwen, H.**, Xuran D., Hongwei L., Shuo Y., Chunyan M., Liqiang Y., Guangjun Y., Li Y., Hongjie L., Hongjun, Z. Identification of effective alleles and haplotypes conferring pre-harvest sprouting resistance in winter wheat cultivars // BMC Plant Biology. – 2022. – Vol. 22(1). – P. 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12870-022-03710-w>

[30] **Walker-Simmons, M.** Enhancement of ABA responsiveness in wheat embryos by high temperature // Plant, Cell & Environment. – 1988. – Vol. 11. – P. 769–775.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.1988.tb01161.x>

[31] **RStudio, Team.** RStudio: Integrated Development for R; RStudio. Inc.: Boston, FL, USA, 2015. Available online: <https://support.posit.co/hc/en-us/articles/206212048-Citing-RStudio> (accessed on 20 January 2025)

[32] **Turuspekov, Y.**, Baibulatova A., Yermekbayev K., Tokhetova L., Chudinov V., Sereda G., Ganai M., Griffiths S., Abugalieva S. GWAS for plant growth stages and yield components in spring wheat (*Triticum aestivum* L.) harvested in three regions of Kazakhstan // BMC plant biology. –

2017. – Vol. 17(Suppl 1). – P. 190. <https://doi.org/10.1186/s12870-017-1131-2>

[33] **Amalova, A.Y.**, Yermekbayev K.A., Griffiths S., Abugalieva S.I., Turuspekov Y.K. Phenotypic variation of common wheat mapping population Pamyati Azieva x Paragon in south-east of Kazakhstan // International Journal of Biology and Chemistry. – 2019. – Vol.12(1). – P. 11-17. <https://doi.org/10.26577/ijbch-2019-i1-3>

[34] **Reynolds, M.**, Foulkes M.J., Slafer G.A., Berry P., Parry M.A., Snape J.W., Angus W.J. Raising yield potential in wheat // Journal of experimental botany. – 2009. – Vol. 60(7). – P. 1899-1918. <https://doi.org/10.1093/jxb/erp016>

[35] **Wei, G.A.O.**, Jie L.U., Chuan-xi M.A. Dissecting the genetic basis of grain color and pre-harvest sprouting resistance in common wheat by association analysis // Journal of Integrative Agriculture. – 2023. – Vol. 22(9). – P. 2617-2631. <https://doi.org/10.1016/j.jia.2023.04.017>

[36] **Mao, W.**, Wang X., Chen Y., Wang Y., Ma L., Xie X., Peng H. Map-based cloning and characterization reveal that an R2R3 MYB gene confers red glume in wheat // The Crop Journal. – 2025. – Vol. 13(3). – P. 887-899. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2024.03.002>

[37] **Li, R.**, Hameed M.U., Geuten, K. Translating research on seed dormancy and germination from Arabidopsis to temperate cereals to control pre-harvest sprouting // Frontiers in Plant Science. – 2026. – Vol. 17. – P. 1763984. <https://doi.org/10.3389/fpls.2026.1763984>

[38] **Zhang, B.W.**, Yang B.S., Wan X.N., Ma X., Lyu K.D., Wang H., Sun G.Z. Evaluation of *TaMFT-3A* and *TaMKK3-4A* alleles on wheat pre-harvest sprouting // Frontiers in Plant Science. – 2025. – Vol. 16. – P. 1594385. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1594385>

References:

[1] **Rajjou, L.**, Duval M., Gallardo K., Catusse J., Bally J., Job C., Job D. Seed germination and vigor // Annual Review of Plant Biology. – 2012. – Vol. 63. – P. 507-533. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042811-105550>

[2] **Groos, C.**, Gay G., Perretant M. R., Gervais L., Bernard M., Dedryver F., Charmet, G. Study of the relationship between pre-harvest sprouting and grain color by quantitative trait loci analysis in a white× red grain bread-wheat cross // Theoretical and Applied Genetics. – 2002. – Vol 104. – P. 39-47. <https://doi.org/10.1007/s001220200004>

[3] **Mares, D.J.**, Mrva K. Wheat grain preharvest sprouting and late maturity alpha-amylase // Planta. – 2014. – Vol. 240. – P. 1167-1178. <https://doi.org/10.1007/s00425-014-2172-5>

[4] **Ali, A.**, Cao, J., Jiang H., Chang C., Zhang H. P., Sheikh S. W., Shan L. & Ma C. Unraveling molecular and genetic studies of wheat (*Triticum aestivum* L.) resistance against factors causing pre-harvest sprouting // Agronomy. – 2019. – Vol. 9(3). – P. 117. <https://doi.org/10.3390/agronomy9030117>

[5] **Li, L.**, Zhang Y., Zhang Y., Li M., Xu D., Tian X., Cao S. Genome-wide linkage mapping for preharvest sprouting resistance in wheat using 15K single-nucleotide polymorphism arrays // Frontiers in Plant Science. – 2021. – Vol.12. – P. 749206. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.749206>

[6] **Tai, L.**, Wang H. J., Xu, X. J., Sun, W. H., Ju, L., Liu, W. T., Chen, K. M. Pre-harvest sprouting in cereals: genetic and biochemical mechanisms // Journal of Experimental Botany. – 2021. – Vol.72(8). – P. 2857-2876. <https://doi.org/10.1093/jxb/erab024>

[7] **Fedyaeva, A.V.**, Salina E.A., Shumny V.K. Pre-harvest sprouting in soft winter wheat (*Triticum aestivum* L.) and evaluation methods // Russian Journal of Genetics. – 2023. – Vol. 59 (1). – P. 1-11. <https://doi.org/10.1134/S1022795423010052>

[8] **Himi, E.**, Maekawa M., Miura H., Noda K. Development of PCR markers for *Tamyb10* related to R-1, red grain color gene in wheat // Theoretical and Applied Genetics. – 2011. – Vol. 122. – P. 1561–1576. <https://doi.org/10.1007/s00122-011-1555-2>

[9] **Mares, D.**, Himi E. The role of *TaMYB10-A1* of wheat (*Triticum aestivum* L.) in determining grain coat colour and dormancy phenotype // Euphytica. – 2021 – Vol. 217(5). – P. 89. <https://doi.org/10.1007/s10681-021-02826-8>

[10] **Shin, D.H.**, Choi M.G., Kang C.S., Park C.S., Choi S.B., Park Y.I. Overexpressing the wheat dihydroflavonol 4-reductase gene *TaDFR* increases anthocyanin accumulation in an Arabidopsis *dfr* mutant // Genes & Genomics. – 2016. – Vol. 38. – P. 333-340. <https://doi.org/10.1007/s13258-015-0373-3>

- [11] **Nakamura, S.**, Abe F., Kawahigashi H., Nakazono K., Tagiri A., Matsumoto T., Utsugi S., Ogawa T., Handa H., Ishida H. A wheat homolog of *MOTHER OF FT AND TFL1* acts in the regulation of germination // *Plant Cell*. – 2011. – Vol.23. – P. 3215-3129. <https://doi.org/10.1105/tpc.111.088492>
- [12] **Liu, X.**, Zhang H., Zhao Y., Feng Z., Li, Q., Yang H.Q., Luan S., Li J., He Z.H. Auxin controls seed dormancy through stimulation of abscisic acid signaling by inducing ARF-mediated ABI3 activation in Arabidopsis // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. – 2013. – Vol. 110. – P. 15485–15490. <https://doi.org/10.1073/pnas.1304651110>
- [13] **Vetch, J.M.**, Tillett B. J., Bruckner P., Martin J.M., Marlowe K., Hooker M.A., See D.R., Giroux, M. J. *TAMFT-3A* and *TAMFT-3B2* homeologs are associated with wheat preharvest sprouting // *The Plant Genome*. – 2022. – Vol. 15(4). – P. e20250. <https://doi.org/10.1002/tpg2.20250>
- [14] **Yang, Y.**, Zhao X.L., Xia L.Q., Chen X.M., Xia X.C., Yu Z., He Z.H., Roder M. Development and validation of a *Viviparous-1* STS marker for pre-harvest sprouting tolerance in Chinese wheats // *Theoretical and Applied Genetics*. – 2007. – Vol. 115. – P. 971–980 <https://doi.org/10.1007/s00122-007-0624-z>
- [15] **Liu, S.**, Sehgal S.K., Lin M., Li J., Trick H.N., Gill B.S., Bai G. Independent mis-splicing mutations in *TaPHS1* causing loss of preharvest sprouting (PHS) resistance during wheat domestication // *New Phytologist*. – 2015. – Vol. 208. – P. 928–935. <https://doi.org/10.1111/nph.13489>
- [16] **Zhang, Y.** Xia X. He Z. The seed dormancy allele *TaSdr-A1a* associated with pre-harvest sprouting tolerance is mainly present in Chinese wheat landraces // *Theoretical and Applied Genetics*. – 2017. – Vol. 130. – P. 81–89. <https://doi.org/10.1007/s00122-016-2793-0>
- [17] **Gao, F.**, Ayele B.T. Functional genomics of seed dormancy in wheat: Advances and prospects // *Frontiers in Plant Science*. – 2014. – Vol. 5. – P. 458. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00458>
- [18] **Liu, S.B.**, Sehgal S.K., Li J.R., Lin M., Trick H.N., Yu J., Gill B.S., Bai G.H. Cloning and characterization of a critical regulator for pre-harvest sprouting in wheat // *Genetics*. – 2013. – Vol.195. – P. 263-273. <https://doi.org/10.1534/genetics.113.152330>
- [19] **Nonogaki, H.** Seed dormancy and germination-emerging mechanisms and new hypotheses // *Frontiers in plant science*. – 2014. – Vol. 5. – P. 233. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00233>
- [20] **Sadras, V.O.**, Slafer G.A. Environmental modulation of yield components in cereals: Heritabilities reveal a hierarchy of phenotypic plasticities // *Field crops research*. – 2012. – Vol. 127. – P. 215-224. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.11.014>
- [21] **Reynolds M.**, Manes Y., Izanloo A., Langridge P. Phenotyping approaches for physiological breeding and gene discovery in wheat // *Annals of Applied Biology*. – 2009. – Vol. 155(3). – P. 309-320. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2009.00351.x>
- [22] **Jolliffe, I.T.**, Cadima J. Principal component analysis: a review and recent developments // *Philosophical transactions of the royal society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. – 2016. – Vol. 374(2065). – P. 20150202. <https://doi.org/10.1098/rsta.2015.0202>
- [23] **Yan, W.**, Nilsen K.T., Beattie, A. Mega-environment analysis and breeding for specific adaptation // *Crop Science*. – 2023. – Vol. 63(2). – P. 480-494. <https://doi.org/10.1002/csc2.20895>
- [24] Novosti na portale Kursiv. Veb-resurs <https://kz.kursiv.media/2023-10-04/mrkv-bad-harvest> (data obrashcheniya ot 16.02.2024) [in Russian].
- [25] **Mamytova, N.**, Kuzovlev V., Babkenov A., Mamykova S., Khakimzhanov A., Fursov O. Metody otbora zerna pshenitsy na ustoychivost' k prorastaniyu na kornyu // *Izvestiye NAN RK. Seriya biologicheskaya i meditsinskaya*. – 2012. – №5 – P. 69-74 [in Russian].
- [26] **Shalakhmetova, G.A.**, Alikulov Z.A. Studying of the phenomenon of pre-harvest sprouting of wheat grain // *Bulletin of The National Academy of Sciences of The Republic of Kazakhstan*. – 2018. – Vol. 3. – P. 234-243.
- [27] **Tsygankov, V.I.**, Tsygankov I.G., Tsygankova M.YU., & Tsygankov A. V. Produktionnyy protsess i elementy sortovoy tekhnologii yarovoy myagkoy pshenitsy v sukhostepnoy zone Kazakhstana // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*. – 2015. – Vol. 17(4-3). – P. 526-537. [in Russian].
- [28] **Dospekhov, B.A.** Metodika polevogo opyta. – Moskva: Kolos, 1973. – 335 p. [in Russian].

Russian].

[29] **Yiwen**, H., Xuran D., Hongwei L., Shuo Y., Chunyan M., Liqiang Y., Guangjun Y., Li Y., Hongjie L., Hongjun, Z. Identification of effective alleles and haplotypes conferring pre-harvest sprouting resistance in winter wheat cultivars // BMC Plant Biology. – 2022. – Vol. 22(1). – P. 1-10. <https://doi.org/10.1186/s12870-022-03710-w>

[30] **Walker-Simmons** M. Enhancement of ABA responsiveness in wheat embryos by high temperature // Plant, Cell & Environment. – 1988. – Vol.11. – P. 769–775. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.1988.tb01161.x>

[31] **RStudio, Team**. RStudio: Integrated Development for R; RStudio. Inc.: Boston, FL, USA, 2015. Available online: <https://support.posit.co/hc/en-us/articles/206212048-Citing-RStudio> (accessed on 20 January 2025)

[32] **Turuspekov**, Y., Baibulatova A., Yermekbayev K., Tokhetova L., Chudinov V., Sereda G., Ganal M., Griffiths S., Abugalieva S. GWAS for plant growth stages and yield components in spring wheat (*Triticum aestivum* L.) harvested in three regions of Kazakhstan // BMC plant biology. – 2017. – Vol. 17(Suppl 1). – P. 190. <https://doi.org/10.1186/s12870-017-1131-2>

[33] **Amalova**, A.Y., Yermekbayev K.A., Griffiths S., Abugalieva S.I., Turuspekov Y.K. Phenotypic variation of common wheat mapping population Pamyati Azieva x Paragon in south-east of Kazakhstan // International Journal of Biology and Chemistry. – 2019. – Vol.12(1). – P. 11-17. <https://doi.org/10.26577/ijbch-2019-il-3>

[34] **Reynolds**, M., Foulkes M.J., Slafer G.A., Berry P., Parry M.A., Snape J.W., Angus W.J. Raising yield potential in wheat // Journal of experimental botany. – 2009. – Vol. 60(7). – P. 1899-1918. <https://doi.org/10.1093/jxb/erp016>

[35] **Wei**, G.A.O., Jie L.U., Chuan-xi M.A. Dissecting the genetic basis of grain color and pre-harvest sprouting resistance in common wheat by association analysis // Journal of Integrative Agriculture. – 2023. – Vol. 22(9). – P. 2617-2631. <https://doi.org/10.1016/j.jia.2023.04.017>

[36] **Mao**, W., Wang X., Chen Y., Wang Y., Ma L., Xie X., Peng H. Map-based cloning and characterization reveal that an R2R3 MYB gene confers red glume in wheat // The Crop Journal. – 2025. – Vol. 13(3). – P. 887-899. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2024.03.002>

[37] **Li**, R., Hameed M.U., Geuten, K. Translating research on seed dormancy and germination from Arabidopsis to temperate cereals to control pre-harvest sprouting // Frontiers in Plant Science. – 2026. – Vol. 17. – P. 1763984. <https://doi.org/10.3389/fpls.2026.1763984>

[38] **Zhang**, B.W., Yang B.S., Wan X.N., Ma X., Lyu K.D., Wang H., Sun G.Z. Evaluation of *TaMFT-3A* and *TaMKK3-4A* alleles on wheat pre-harvest sprouting // Frontiers in Plant Science. – 2025. – Vol. 16. – P. 1594385. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1594385>

КӨКТЕМГІ БИДАЙ КОЛЛЕКЦИЯСЫНДАҒЫ ТАМЫРДА ӨНУ ЖӘНЕ ТҰҚЫМНЫҢ ТЫНЫШТЫҒЫ: ҚАЗАҚСТАННЫҢ ӘРТҮРЛІ ЖАҒДАЙЛАРЫНДА ӨНІМДІЛІК КОМПОНЕНТТЕРІМЕН БАЙЛАНЫСЫ

Амалова А.Ы.¹, PhD

Гениевская Ю.А.¹, PhD

Ермағамбетова М.М.¹, PhD

Чудинов В.А..², ғылыми жұмыс жөніндегі директордың орынбасары

Туруспеков Е.К.¹, биология ғылымдарының кандидаты, профессор, ҚР ҰҒА академигі

¹Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институты, Алматы қ, Қазақстан

²Қарабалық ауыл шаруашылығы тәжірибе станциясы, Қостанай облысы, Қазақстан

Аңдатпа. Бұл зерттеуде Қазақстанның екі түрлі экологиялық жағдайында өсірілген жаздық бидайдың 270 үлгісінен тұратын коллекцияда тамырда өну (ТӨ), тұқымның тыныштығы және өнімділікке байланысты белгілердің генетикалық әртүрлілігі бағаланды. Агрономиялық белгілер, өнім компоненттері және ТӨ төзімділігі бойынша айтарлықтай фенотиптік өзгергіштік анықталды, бұл коллекциядағы генетикалық әртүрліліктің жоғары екенін көрсетеді. Қоршаған орта жағдайлары өнім қалыптасуына айтарлықтай әсер етті:

Алматы өңірінде масақ өнімділігі басым болса, Қостанай өңірінде дәннің толысу тиімділігі негізгі фактор болды. Тамырда өну генотиптер арасында кең ауқымда өзгерді, солтүстік ортада жоғары сезімталдық байқалды. Он тоғыз генотип екі ортада да тұрақты төзімділік көрсетті, бұл оларды селекция үшін құнды генетикалық ресурс етеді. Барлық төзімді генотиптердің қызыл дәнді болуы дән пигментациясы мен тұқымның тыныштығы арасындағы байланысты растайды. Тұқымның тыныштығы өну индексі (ӨИ) арқылы бағаланып, қоршаған ортаға тәуелді екені және ТӨ-пен кері байланыста болатыны анықталды. Корреляциялық және көпөлшемді талдау нәтижелері ТӨ пен өнім компоненттері арасында әлсіз теріс байланыс бар екенін көрсетті, яғни өнімділіктің аздап төмендеуіне әкелуі мүмкін. Негізгі координаттар әдісі және генотип-қоршаған орта өзара әрекеттесуі талдаулары тұрақты әрі жоғары өнімді генотиптерді (CAWBIN-179, CAWBIN-222, CAWBIN-385) анықтады. Бұл нәтижелер жаздық бидай селекциясында жоғары өнімділік пен ТӨ төзімділігін біріктіруге болатынын көрсетеді.

Тірек сөздер: *Triticum aestivum* L., тамырда өну, тұқымның тыныштығы, өсімдік бейімделуі, өнімділік компоненттері.

ПРОРАСТАНИЕ НА КОРНЮ И ПОКОЙ СЕМЯН В КОЛЛЕКЦИИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ: ВЗАИМОСВЯЗЬ С КОМПОНЕНТАМИ УРОЖАЙНОСТИ В КОНТРАСТНЫХ УСЛОВИЯХ КАЗАХСТАНА

Амалова А.Ы.¹, PhD

Гениевская Ю.А.¹, PhD, старший научный сотрудник

Ермагамбетова М.М.¹, PhD

Чудинов В.А.², заместитель директора по научной работе

Туруспеков Е.К.¹, кандидат биологических наук, профессор, академик НАН РК

¹Институт биологии и биотехнологии растений, г. Алматы, Казахстан

²Карабалыкская сельскохозяйственная опытная станция, Костанайская область, Казахстан

Аннотация: В данном исследовании оценивалось генетическое разнообразие по признакам прорастания на корню (ПНК), физиологический покой семян и компонентам урожайности в разнообразной панели из 270 образцов яровой пшеницы, выращенных в двух контрастных условиях Казахстана. Выявлена значительная фенотипическая вариабельность по агрономическим признакам, компонентам урожайности и устойчивости к ПНК, что указывает на высокое генетическое разнообразие коллекции. Условия среды существенно влияли на формирование урожая: в Алматинской области преобладали признаки продуктивности колоса, тогда как в Костанайской области основным фактором урожайности была эффективность налива зерна. Прорастание зерна в колосе сильно варьировало между генотипами, при этом более высокая восприимчивость наблюдалась в северных условиях. Девятнадцать генотипов продемонстрировали стабильную устойчивость в обоих регионах, представляя ценные генетические ресурсы для селекции. Примечательно, что все устойчивые генотипы характеризовались красной окраской зерна, что подтверждает связь между пигментацией зерна и покоем семян. Покой семян, оцененный по индексу прорастания (ИП), значительно зависел от условий среды и имел обратную связь с ПНК. Корреляционный и многомерный анализы выявили слабую отрицательную связь между ПНК и компонентами урожайности, что указывает на возможное незначительное снижение урожайности. Метод главных координат и взаимодействия генотип-среда позволили выявить стабильные и высокопродуктивные генотипы, включая CAWBIN-179, CAWBIN-222 и CAWBIN-385. Полученные результаты демонстрируют возможность сочетания высокой урожайности и устойчивости к ПНК в селекционных программах яровой пшеницы.

Ключевые слова: *Triticum aestivum* L., прорастание на корню, покой семян, признаки адаптации растений, компоненты урожайности.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НОМЕРОВ ЗЕРНОФУРАЖНЫХ КУЛЬТУР В ТОО «КАЗНИИЗИР»

Баймуратов А.Ж., кандидат сельскохозяйственных наук,
baigas78@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2518-899X>

Шегебаев Г.О., кандидат сельскохозяйственных наук,
kazniizr@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7022-8850>

Сариев Б.С., доктор биологических наук профессор, академик НААН РК
sariev.burubay@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3387-7709>

Абаев С.С., кандидат сельскохозяйственных наук,
s.abayev@zir.kz, <https://orcid.org/0009-0004-2139-8377>

*ТОО «Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства»,
п. Алмалыбак, Алматинская область, Казахстан*

Аннотация. В кормовом направлении зернофуражные культуры ценятся прежде всего за высокую урожайность зерна и зелёной массы, а также за хороший баланс энергии и протеина. Важным преимуществом является высокое содержание крахмала и оптимальный аминокислотный состав, обеспечивающий хорошую переваримость кормов. Селекционная работа по направлениям исследования направлена на создание сортов с повышенной продуктивностью, устойчивостью к биотическим и абиотическим стрессам, устойчивостью к полеганию, болезням и более высоким содержанием белка.

В условиях возрастающих требований к качеству кормов и необходимости обеспечения стабильной сырьевой базы для пищевой и перерабатывающей промышленности селекция ячменя и овса для кормового и пищевого направления являются актуальными и решают различные, но взаимодополняющие задачи. Комплексный подход в селекции зернофуражных культур к решению этих задач позволяет обеспечить как устойчивое кормопроизводство, так и сырьевую базу для пищевой промышленности, укрепляя продовольственную и экономическую безопасность аграрного сектора.

Главный вопрос современного сельскохозяйственного производства, вне зависимости от изменения погодных условий, является стабилизация производства зерна по годам. Существенно возрастает роль сельскохозяйственной науки, как основы повышения и стабилизации производства зерна, в первую очередь селекции и семеноводства.

В этой связи большое значение для достижения поставленных целей имеет изучение и рациональное использование мировых генетических ресурсов, которые рассматриваются во всем мире как основной источник улучшения сортов сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: яровой, голозерный ячмень, овес, сорт, образец, номера, урожайность, белок, крахмал.

Введение. Ячмень (*Hordeum vulgave L.*) – одна из важнейших зерновых культур, возделываемая во всем мире, которая используется в кормовой индустрии, пивоварении и ряде других сегментов пищевой промышленности, с самым крупным спектром производственных площадей в мире [1]. Среди всех зерновых культур ячмень занимает четвертое место в мире по объемам выращивания, уступая кукурузе, рису и пшенице. По данным ФАО, площадь возделывания ячменя в мире в 2023 году составила 46,3 млн. га, а его производство достигает 145,7 млн. тонн [2]. Основными производителями ячменя являются Европейский Союз, Россия, Украина, Канада, Австралия, Турция и США.

Одним из важных свойств культуры ячменя, которая обеспечила его широкий ареал возделывания, это его высокая адаптивность к различным климатическим условиям. Ячменя выращивают в самых крайних условиях: на степных просторах и

высоко в горах, в условиях сухих степей или повышенного увлажнения [1,3,4]. Как засухоустойчивая, скороспелая и солевыносливая культура ячмень возделывается практически во всех регионах мира, легко приспосабливаясь к контрастным условиям климата и разнообразию почв [5].

Его универсальность проявляется в широкой сфере использования: зерно и зелёная масса служат ценным кормом для животных, а зерно двухрядных форм — основным сырьём для пивоваренной промышленности [6].

Голозёрный ячмень (*Hordeum vulgare* var. *nudum*) представляет значительный интерес для селекции благодаря сочетанию хозяйственно-ценных признаков и специфических качеств зерна [7]. Его селекционная ценность определяется как агрономическими, так и технологическими параметрами [7, 8, 9]: повышенное содержание белка — в среднем 12–16 % (у обычного плёчатого ячменя 9–12 %), что делает голозёрный ячмень перспективным источником для улучшения кормовых культур и использования в пищевой промышленности; качество белка — сбалансированный аминокислотный состав, с более высоким содержанием лизина, метионина и триптофана, что повышает биологическую ценность; высокое содержание крахмала — 55–65 %, при этом в структуре крахмала повышенная доля амилозы, обеспечивающая лучшие диетические свойства и устойчивый гликемический ответ; клетчатка и β -глюканы — до 4–7 %, что придаёт зерну функциональные свойства (снижение уровня холестерина, улучшение пищеварения), а также повышает его кормовую ценность; отсутствие плёнки (голозёрность) значительно облегчает переработку зерна, снижает энергетические затраты и потери при шелушении; повышенный выход крупы — 70–75 % против 55–60 % у плёчатых форм, что делает голозёрный ячмень экономически выгодным в пищевой переработке.

Особое место в селекции ячменя занимает селекция на устойчивость к болезням и вредителям, поскольку поражение культур грибными патогенами (головня, мучнистая роса, ржавчины, гельминтоспориозные пятнистости и др.) и насекомыми снижает не только урожай, но и кормовые качества зерна. В современных исследованиях использование молекулярных маркеров стало одним из ключевых инструментов в селекции ячменя на устойчивость к болезням, так как традиционная селекция только по фенотипу часто затруднена из-за влияния условий среды и скрытого носительства генов [10].

Не менее актуальной задачей является повышение устойчивости к абиотическим стрессам — засухе, засолению почв и экстремальным температурам. В условиях изменения климата и расширения посевов на «маргинальные земли» этот фактор приобретает стратегическое значение [11,12].

Овёс (*Avena sativa* L.) относится к числу универсальных зерновых культур, играющих значимую роль как в кормовом производстве, так и в системе продовольственного обеспечения [13]. Высокая кормовая ценность овса обусловлена богатым содержанием белка, незаменимых аминокислот, витаминов и жиров, что делает его незаменимым компонентом рационов в животноводстве, обеспечивая формирование качественных и сбалансированных кормов [14].

В условиях возрастающих требований к эффективности кормовой базы особую актуальность приобретает создание сортов кормового направления, характеризующихся высокой урожайностью зелёной массы [15], улучшенными питательными свойствами, устойчивостью к полеганию, болезням и неблагоприятным факторам внешней среды [16,17]. Селекция в данном направлении направлена на формирование устойчивого сортового состава, обеспечивающего стабильность кормопроизводства.

Изучая устойчивость овса посевного к головневым болезням в условиях

лесостепи Приобья, установили, что большинство сортов восприимчивы к возбудителям. По устойчивости к головневым грибам в условиях искусственного инфекционного фона выделились сорта овса посевного: Сибирский Геркулес, Факел, Рысак и Уралец. Эти сорта характеризуются высокой урожайностью, массой 1000 зерен, устойчивостью к полеганию [19].

При оценке с питательной, фитохимической и реологической точки зрения различных сортов и линий овса, выращиваемого в Румынии, определяли ориентировочный состав (белки, липиды, минеральные вещества, крахмал и углеводы), общее содержание полифенолов отдельных полифенолов, а также макро- и микроэлементов 20 сортов и линий овса. Для оценки потенциала использования в мучной промышленности (макаронные изделия, хлеб и печенье) использовали сорт овса с оптимальными питательными свойствами и активными началами для получения овсяно-пшеничной композитной муки в различных пропорциях. По результатам исследования и на основании пищевых, фитохимических и реологических результатов линия 2511 выбрана как оптимальная для использования при получении гипогликемических мучных продуктов для людей, больных сахарным диабетом [20].

Таким образом, селекция ячменя и овса в кормовом и пищевом направлениях имеет важное научное и практическое значение. Она обеспечивает не только расширение потенциала культуры в различных отраслях агропромышленного комплекса, но и способствует укреплению продовольственной и кормовой безопасности в условиях глобальных вызовов сельскому хозяйству.

Выбор направления исследований. В зонах рискованного земледелия Казахстана может быть эффективно решена за счет создания адаптивных и пластичных сортов зернофуражных культур и их оперативного внедрения в производство решит проблему стабильного роста производства зерна. Решения данной проблемы стоит в комплексном подходе изучения адаптивности создаваемых сортов, их способности обеспечивать высокую и устойчивую продуктивность в различных условиях среды. Если сорт не обладает генетической «гибкостью» к широкому спектру почвенно-климатических условий, т.е. не обладает соответствующей нормой реакций, то не может противостоять действию различных биотических и абиотических стрессов

Материалы и методы исследования. Материалом для исследования служили - за 2024-2025 годы изучено 68 номеров ярового ячменя и 62 номеров ярового овса контрольного и конкурсного питомника.

Полевые опыты по селекции и семеноводству зернофуражных культур были заложены по методике Доспехова (1985г.) [21] и ГКСИСК РК (2002г.) [22]. Формирование питомников в последовательных звеньях селекционного процесса по методике «Комплексная программа «Арпа»» [23]. Изучение коллекции ячменя и овса, отбор, фенологические наблюдения по методике ВИР [24] и международного классификатора СЭВ рода *Hordeum L.* [25].

Изучение биохимического состава зерна осуществлено по методам: содержание азота - методом Къельдаля, содержание протеина пересчетом на 6,25. Содержание крахмала – поляриметрическим методом, а содержание амилозы – йодометрическим, в том числе и на БИК-основе [26]. Методы оценки качества по крупяным, пищевым свойствам согласно соответствующим ГОСТ [27].

Результаты и обсуждение. Полевые стационары лаборатории по селекции зернофуражных культур пищевого направления были заложены на орошаемом фоне Алматинской области. Почвы стационара светло-каштановые, суглинки. Содержание гумуса в пахотном слое достигает 1,9-2,0%. Климат зоны в основном характеризуется мягкой зимой, прохладной влажной весной, жарким летом, теплой осенью. Одним из основных лимитирующих факторов метеоусловии зоны, влияющих на уровень

продуктивности зернофуражных культур является количество атмосферных осадков и температура воздуха за период вегетации растений.

Метеорологические условия 2024-2025 годов резко отличается от многолетних данных: поздняя весна, низкая температура почвы во время кушения и трубкования растений, резкое колебание дневной и ночной температуры воздуха. Все это существенно повлияло на общее развития растений.

За 2024-2025 годы в контрольном питомнике изучено 36 номеров ярового ячменя пищевого направления (рисунок 1).



Рисунок 1 – Контрольный питомник ярового ячменя и овса

При изучении ярового ячменя пищевого направления из 36 номеров достоверное превышение над стандартом по урожайности за два года исследования показали следующие номера: d 33, d 32, 18/18-1, d 10, d 14, d 4, d 13, d 3, 20/18-2, урожайность которых составил от 19,0 до 25,1 ц/га, при уровне урожайности стандартного сорта «Голозерный 62» – 14,5 ц/га (таблица 1).

При оценке качества зерна ярового ячменя пищевого направления содержание белка варировала от 14,1% (d 3) до 17,4% (d 7), по содержанию крахмала все изучаемые номера показали выше 59,0%, по содержанию экстрактивности выше 80,0% отличились 5 номеров: d 16, 10/17-4, 20/18-2, «Голозерный 62» - st. и d 3.

Таблица 1 – Характеристика выделенных образцов ярового ячменя пищевого направления по биологическим и морфологическим признакам номеров контрольного питомника за 2024-2025 годы

Номер каталога, сорт	Вегетационный период, дни	Продуктивная кустистость, шт	Высота растения, см	Длина последнего междоузлия, см	Длина колоса, см	Число зерен в колосе, шт	Масса 1000 зерен, г	Урожайность, ц/га	Содержание протеина %	Содержание крахмала %	Экстрактивность, %
Голозерный 62 st.	80,5	1,9	78,0	17,8	9,65	25,1	38,7	14,5	15,7	57,1	80,2
d.33	76,0	2,1	63,1	15,0	5,0	42,3	33,9	19,0	16,8	57,1	78,4
d.32	77,0	2,1	80,1	17,6	9,0	25,6	32,3	19,6	16,1	56,5	79,1
18/18-1	77,5	2,3	84,5	19,3	10,5	29,3	36,6	19,7	16,2	57,1	79,6
d.10	78,0	1,8	65,0	15,6	7,0	56,3	33,6	21,0	16,5	56,8	78,7
d.14	72,5	2,1	58,8	14,5	5,1	38,3	34,0	21,0	17,4	56,2	78,3
d.4	78,0	2,5	75,8	16,2	8,9	28,0	35,5	21,0	16,2	58,4	79,9
d.3	75,5	2,1	76,0	15,8	6,85	45,1	34,8	24,1	15,7	58,2	80,7
d.13	78,5	2,0	61,0	13,0	4,85	43,1	32,9	24,1	17,8	53,7	78,4
20/18-2	77,0	2,5	77,6	18,8	7,5	23,0	39,7	25,1	15,9	59,2	80,4

За 2024-2025 годы в контрольном питомнике изучено 48 номеров ярового овса. По урожайности из 48 номеров ярового овса выделились достаточно большое количество номеров, среди них особо выделились следующие номера: 2/05-4, 26/05-6, 27/05-3, 2-38 которые показали урожайность от 39,8 до 46,7 ц/га, при урожайности стандартного сорта «Сыргалым» – 24,0 ц/га (таблица 2). Среди номеров ярового овса содержание белка в зерне колебались от 11,1% (50/98-12) до 16,7% (14602), высоким содержанием белка в зерне от выше 15,6% выделились: 14971, 14530, 14602.

Таблица 2 – Характеристика выделенных образцов ярового овса контрольного питомника по биологическим и морфологическим признакам на орошении за 2024-2025 годы

Номер каталога, сорт	Вегетационный период, дни	Продуктивная кустистость, шт	Высота растения, см	Длина последнего междоузлия, см	Длина колоса, см	Число зерен в колосе, шт	Масса 1000 зерен, г	Урожайность, ц/га	Натура зерна, г/л	Содержание протеина %
Сыргалым, st.	83	1,8	99,5	37,9	20,2	54,7	25,4	24,0	556,0	13,4
2/05-4	86	1,8	106,6	34,6	24,9	81,0	34,6	39,8	404,0	14,0
26/05-6	82	2,1	86,8	29,0	19,5	61,0	34,2	39,8	407,0	12,6
27/05-3	82	2,0	97,6	36,6	21,0	93,6	30,1	41,7	380,5	13,7
2-38	83	2,1	95,9	39,8	20,3	86,6	33,0	46,7	426,5	12,7

В конкурсном питомнике изучены 9 номеров ярового ячменя и 14 номеров ярового овса пищевого направления (рисунок 2).



Рисунок 2 – Конкурсный питомник ярового ячменя и овса

При изучении ярового ячменя пищевого направления в конкурсном питомнике из 9 номеров 7 номеров по урожайности показали выше стандартного сорта, особо выделились следующие номера: 9/18-5, d 19, d 66, которые показали урожайность зерна от 38,8 до 41,6 ц/га, при урожайности стандартного сорта «Голозерный 62» – 37,2 ц/га (таблица 3).

Таблица 3 – Характеристика выделенных образцов ярового ячменя конкурсного питомника пищевого направления биологическим и морфологическим признакам на орошении за 2024-2025 годы.

Номер каталога, сорт	Вегетационный период, дни	Продук-я кустистость, шт	Высота растения, см	Длина последнего междоузлия, см	Длина колоса, см	Число зерен в колоске, шт	Масса 1000 зерен, г	Урожайность, ц/га	Содержание протеина %	Содержание крахмала %	Экстрактивность, %
Голозерный 62 st.	81,0	2,2	72,9	18,3	9,0	24,8	38,3	27,0	15,7	57,1	79,5
18/18-2	79,5	2,8	84,1	22,1	8,7	27,0	36,0	32,9	15,2	58,9	80,1
d.1	81,0	2,3	69,1	17,8	5,8	48,6	37,0	34,2	15,6	57,2	80,4
d.19	80,0	2,5	62,3	17,2	5,6	41,8	37,6	35,0	16,3	56,1	79,0

По определению биохимического состава зерна ярового ячменя пищевого направления содержание белка колебались от 13,5% (18/18-2, «Голозерный 62» st.) до 16,2% (d 69), содержание крахмала от 59,9% (d 66) до 63,7% («Голозерный 62» st.). Из 14 номеров ярового овса пищевого направления выделены по урожайности зерна 6 номеров, особо выделились номера: 30/05-2, 71/11-7, 26/05-6, которые показали урожайность зерна от 37,7 до 39,3 ц/га, при урожайности стандартного сорта «Сыргалым» – 21,4 ц/га. При определении качества зерна ярового овса пищевого направления содержание белка колебались от 12,1% (26/05-6) до 17,1% (14602), натура зерна колебалась от 369 г/л до 590 г/л (14717) при определении качества зерна ярового овса влажность зерен составляла от 8,0 до 8,5% (таблица 4).

Таблица 4 – Характеристика выделенных образцов ярового овса конкурсного питомника пищевого направления по биологическим и морфологическим признакам на орошении за 2024-2025 годы.

Номер каталога, сорт	Вегетационный период, дни	Продуктивная кустистость, шт	Высота растения, см	Длина последнего междоузлия, см	Длина колоса, см	Число зерен в колосе, шт	Масса 1000 зерен, г	Урожайность, ц/га	Натура зерна, г/л	Содержание протеина в зерне, %
Сыргалым st.	82,0	1,9	97,2	36,3	21,1	89,9	20,4	21,4	560,5	15,7
21/02-1	84,5	2,1	96,4	37,9	20,6	83,9	32,5	37,4	377,0	13,4
71/11-7	86,0	2,4	109,3	37,1	22,4	89,1	39,1	39,1	394,0	14,3
26/05-2	83,0	2,5	84,8	26,9	19,6	62,8	35,3	39,1	398,0	12,8
14270	82,5	2,1	96,6	36,6	21,3	82,3	32,8	39,8	400,0	13,5
30/05-2	86,0	2,1	101,1	35,9	23,8	67,9	38,6	40,1	388,5	14,6
26/05-6	81,5	2,1	79,6	26,1	17,6	50,0	38,4	42,0	430,5	12,9

Заключение. За два года исследования: в контрольном питомнике ярового ячменя пищевого направления достоверное превышение над стандартом по урожайности выделены достаточно большое количество номеров, при изучении которых урожайность составил от 19,0 до 25,1 ц/га, а у стандартного сорта «Голозерный 62» – 14,5 ц/га.

В конкурсном питомнике по пищевому направлению особо выделились: 18/18-2, d 1, d 19, которые показали урожайность зерна от 32,9 до 35,0 ц/га, при урожайности стандартного сорта «Голозерный 62» – 27,0 ц/га. По яровому овсу в контрольном питомнике выделились следующие номера: 2/05-4, 26/05-6, 27/05-3, 2-38, которые показали урожайность зерна от 39,8 до 46,7 ц/га, при урожайности стандартного сорта «Сыргалым» – 24,0 ц/га.

В конкурсном питомнике наиболее выделились 30/05-2, 26/05-6, которые показали урожайность зерна выше 40,0 ц/га, при урожайности стандартного сорта «Сыргалым» – 21,4 ц/га. Выделенные номера конкурсного питомника ярового ячменя - d 1, d 19 и ярового овса - 30/05-2, 26/05-6 являются претендентами в 2026 году для передачи их в ГКСИСК МСХ РК в качестве нового сорта ярового ячменя и овса пищевого направления.

Финансирование. Данное исследования финансируется Министерством сельского хозяйства, в рамках Бюджетной программы 267, BR 24892821 – «Селекция и первичное семеноводство зерновых культур для повышения потенциала продуктивности, качества и стрессоустойчивости в различных почвенно-климатических зонах Казахстана» (2024-2026 гг.).

Литература:

- [1] **Elakhdar, A.**, Solanki S., Kubo T., Calvin O. Qualset barley with improved drought tolerance: Challenges and Perspectives // *Environmental and Experimental Botany*. – 2022. – Vol. 201(110). – P. 1-46. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2022.104965>
- [2] FAOSTAT <https://www.fao.org/faostat/ru/#data/QCL> (дата обращения 23.09.2025г.)
- [3] **Tokhetova, L.A.**, Shermagambetov K., Baimbetova G.Z., Zhalbyrov A. E., Nurgaliyev N.Sh., Sultan N.Zh. Analysis of inheritance and heritability of economically valuable traits in hybrid barley populations // *ВЕСТНИК Кызылординского университета имени Коркыт Ата*, 2024. – №3 (70). – С. 6-18. <https://doi.org/10.52081/bkaku.2024.v70.i3.169>
- [4] **Баймуратов, А.Ж.**, Сариев Б.С. Результаты исследования перспективных номеров факультативного ячменя в условиях Алматинской области // *Вестник Кызылординского университета им. Коркыт Ата*, 2025. – №2. – С. 16-25. <https://doi.org/10.52081/bkaku.2025.v73.i2.250>
- [5] **Злотина, М.М.**, Ковалева О.Н., Лоскутов И.Г., Потокина Е.К. Использование аллель-специфичных маркеров генов PPD и VRN для прогнозирования продолжительности вегетационного периода сортов // *Вавиловский журнал генетики и селекции*, 2013. – Т.17. – № 1. – С. 50–62.
- [6] **Филиппов, Е.Г.**, Донцова А.А., Донцов Д.П. Перспективные направления в селекции ячменя // *Таврический вестник аграрной науки*, 2016. – № 2. – С.129-137.
- [7] **Лукина, К.А.**, Ковалева О.Н., Лоскутов И.Г. Голозерный ячмень: систематика, селекция и перспективы использования // *Вавиловский журнал генетики и селекции*, 2022. – № 26 (6). – С. 524-536. <https://doi.org/10.18699/vjgb-22-64>
- [8] **Тетяников, Н.В.** Адаптивность, пластичность и стабильность урожайности голозерного ячменя // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. – 2025. – № 186 (1). – С. 38-51. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2025-1-38-51>
- [9] **Тетяников, Н.В.**, Боме Н.А. Источники ценных признаков для селекции голозерного ячменя // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. – 2020. – №181(3). – С. 49-55. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-3-49-55>
- [10] **Новикова, А.А.**, Богданова О.В. Возможности маркер-ориентированной селекции для создания сортов ячменя, устойчивых к биотическим и абиотическим факторам (обзор) // *Животноводство и кормопроизводство*, 2021. – №104 (1). – С.138-148. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-104-1-138>
- [11] **Meng, G.**, Rasmussen S.K., Christensen C.S., Fan W., Torp A.M. Molecular breeding of barley for quality traits and resilience to climate change // *Frontiers in Genetics*. – 2023. – №13:8. – P. 1-8. <https://doi.org/10.3389/fgene.2022.1039996>
- [12] **Saed-Moucheshi, A.**, Pessarakli M., Mozafari A.A., Sohrabi F., Moradi M., Marvasti, F. B. Screening barley varieties tolerant to drought stress based on tolerant indices // *Journal of Plant Nutrition*, 2022. – №45. – P. 739-750.
- [13] **Полонский, В.И.**, Сурин Н.А., Герасимов С.А., Липшин, А.Г., Сумина А.В., Зюте С. Изучение сортов овса (*Avena sativa* L.) различного географического происхождения по качеству зерна и продуктивности. // *Вавиловский журнал генетики и селекции*, 2019. – №23 (6). – С. 683-690. <https://doi.org/10.18699/VJ19.541>
- [14] **Фомина, М.**, Иванова Ю.С., Брагин Н.А., Брагина М.В. Кормовая продуктивность и энергетическая питательность селекционных образцов овса посевного (*Avena sativa* L.) в условиях Северного Зауралья. // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. – 2024. – №185 (2). – С. 116-127. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2024-2-116-127>
- [15] **Вологжанина, Е.Н.**, Баталова Г.А. (2025). Адаптивный потенциал ярового пленчатого овса (*Avena sativa* L.) на зеленую массу в условиях Кировской области. // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. – 2025. – №186 (2). – С. 37-46. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2025-2-37-46>
- [16] **Градобоева, Т.П.**, Баталов Г.А. Оценка сортообразцов овса на устойчивость к корончатой ржавчине // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2018. – №1 (25). – С. 91-98.
- [17] **Темирбекова, С.К.**, Лоскутов И.Г., Абугалиева А.И., Сардарова И. И. Исходный материал для селекции пленчатого и голозерного овса на устойчивость к абиотическим и биотическим стрессовым факторам. // *Успехи современной науки*, 2017. – №2 (10). – С. 97-103.

- [18] **Корелина, В. А.**, Батакова О. Б., Зобнина И. В., Кабашов А. Д. Хозяйственно-биологические признаки нового сорта овса ярового сорта Архан // *Зерновое хозяйство России*, 2021. – № 1(73). – С. 20–25. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2021-73-1-20-25>
- [19] **Бехтольд, Н. П.**, Орлова Е. А. Устойчивость овса посевного к головневым болезням в условиях лесостепи Приобья // *Зерновое хозяйство России*, 2022. – Т. 14. – № 3. – С. 102–. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2022-81-3-102-101>
- [20] **Ruja, A.**, Cozma A., Cozma B., Pop G., Imbrea I.M. Nutritional, Phytochemical, and Rheological Profiles of Different Oat Varieties and Their Potential in the Flour Industry. *Agronomy*, 2024. – 14(7). – p. 1438. <https://doi.org/10.3390/agronomy14071438>
- [21] **Доспехов, Б.А.** Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
- [22] Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – Алматы: КИП МСХ РК, 2002. – 339 с.
- [23] Комплексная программа по селекции ячменя для зоны деятельности Восточного селекцентра “Арпа” // Методические рекомендации. – Алма-ата, 1983. – 36 с.
- [24] Методические указания по изучению мировой коллекции пшеницы. – Л.: Тип. ВИР, 1973. – С.33.
- [25] Международный классификатор СЭВ рода *Hordeum* L. – Л., 1983. – 53 с.
- [26] **Савин, В.Н.**, Абугалиев И.А., Абугалиева А.И. Аналитические исследования в растениеводстве // Доклады РАСХН. – 1998. – №2. – С.13-15.
- [27] **Williams, P.**, El-Haramein F.J., Nakkoue B., Rihawis. Crop quality evaluation methods and guidelines. – Aleppo, 1988. – 145 p.

References:

- [1] **Elakhdar, A.**, Solanki S., Kubo T., Calvin O. Qualset barley with improved drought tolerance: Challenges and Perspectives // *Environmental and Experimental Botany*. – 2022. – Vol. 201(110). – P. 1-46. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2022.104965>
- [2] FAOSTAT <https://www.fao.org/faostat/ru/#data/QCL> (data obrashheniya 23.09.2025g.)
- [3] **Tokhetova, L.A.**, Shermagambetov K., Baimbetova G.Z., Zhalbyrov A. E., Nurgaliyev N.Sh., Sultan N.Zh. Analysis of inheritance and heritability of economically valuable traits in hybrid barley populations // *VESTNIK Kyzylordinskogo universiteta imeni Korkyt Ata*, 2024. – №3 (70). – С. 6-18. <https://doi.org/10.52081/bkaku.2024.v70.i3.169>
- [4] **Bajmuratov, A.Zh.**, Sariev B.S. Rezul'taty issledovaniy perspektivnykh nomerov fakul'tativnogo yachmenja v uslovijah Almatinskoj oblasti // *Vestnik Kyzylordinskogo uni-versiteta im. Korkyt-Ata*, 2025. – №2. – С. 16-25. <https://doi.org/10.52081/bkaku.2025.v73.i2.250> [in Russian]
- [5] **Zlotina, M.M.**, Kovaleva O.N., Loskutov I.G., Potokina E.K. Ispol'zovanie allel'-specifichnykh markerov genov PPD i VRN dlja prognozirovaniya prodolzhitel'nosti vegetacionnogo perioda sortov // *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii*, 2013. – Т.17. – № 1. – С. 50–62. [in Russian]
- [6] **Filippov, E.G.**, Doncova A.A., Doncov D.P. Perspektivnye napravleniya v selekcii yachmenja // *Tavricheskij vestnik agrarnoj nauki*, 2016. – № 2. – С.129-137. [in Russian]
- [7] **Lukina, K.A.**, Kovaleva O.N., Loskutov I.G. Golozernyj yachmen': sistematika, selekcija i perspektivy ispol'zovaniya // *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii*, 2022. – № 26 (6). – С. 524-536. <https://doi.org/10.18699/vjgb-22-64> [in Russian]
- [8] **Tetjannikov, N.V.** Adaptivnost', plastichnost' i stabil'nost' urozhajnosti golozernogo yachmenja // *Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii*. – 2025. – № 186 (1). – С. 38-51. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2025-1-38-51> [in Russian]
- [9] **Tetjannikov, N.V.**, Bome N.A. Istochniki cennykh priznakov dlja selekcii golozernogo yachmenja // *Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii*. – 2020. – №181(3). – С. 49-55. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-3-49-55> [in Russian]
- [10] **Novikova, A.A.**, Bogdanova O.V. Vozmozhnosti marker-orientirovannoj selekcii dlja sozdaniya sortov yachmenja, ustojchivyh k bioticheskim i abioticheskim faktoram (obzor) // *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*, 2021. – №104 (1). – С.138-148. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-104-1-138> [in Russian]
- [11] **Meng, G.**, Rasmussen S.K., Christensen C.S., Fan W., Torp A.M. Molecular breeding of barley for quality traits and resilience to climate change // *Frontiers in Genetics*. – 2023. – №13:8. – R.

1-8. <https://doi.org/10.3389/fgene.2022.1039996> [in Russian]

[12] **Saed-Moucheshi, A.**, Pessaraki M., Mozafari A.A., Sohrabi F., Moradi M., Marvasti, F. B. Screening barley varieties tolerant to drought stress based on tolerant indices // Journal of Plant Nutrition, 2022. – №45. – P. 739-750. [in Russian]

[13] **Polonskij, V.I.**, Surin N.A., Gerasimov S.A., Lipshin, A.G., Sumina A.V., Zjute S. Izuchenie sortov ovsa (Avena sativa L.) razlichnogo geograficheskogo proishozhdeniya po kachestvu zerna i produktivnosti. //Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii, 2019. – №23 (6). – С. 683-690. <https://doi.org/10.18699/VJ19.541> [in Russian]

[14] **Fomina, M.**, Ivanova Ju.S., Bragin N.A., Bragina M.V. Kormovaja produktivnost' i jenergeticheskaja pitatel'nost' selekcionnyh obrazcov ovsa posevnogo (Avena sativa L.) v uslovijah Severnogo Zaural'ja. // Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. – 2024. – №185 (2). – S. 116-127. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2024-2-116-127> [in Russian]

[15] **Vologzhanina, E.N.**, Batalova G.A. (2025). Adaptivnyj potencial jarovogo plenchatogo ovsa (Avena sativa L.) na zelenuju massu v uslovijah Kirovskoj oblasti. //Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. – 2025. – №186 (2). – S. 37-46. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2025-2-37-46> [in Russian]

[16] **Gradoboeva, T.P.**, Batalov G.A. Ocenka sortoobrazcov ovsa na ustojchivost' k koronchatoj rzhavchine //Zernobobovye i krupjanye kul'tury. – 2018. – №1 (25). – S. 91-98. [in Russian]

[17] **Temirbekova, S.K.**, Loskutov I.G., Abugalieva A.I., Sardarova I. I. Ishodnyj material dlja selekcii pljonchatogo i golozjornogo ovsa na ustojchivost' k abioticheskim i bioticheskim stressovym faktoram. //Uspehi sovremennoj nauki, 2017. – №2 (10). – S. 97-103. [in Russian]

[18] **Korelina, V. A.**, Batakova O. B., Zobnina I. V., Kabashov A. D. Hozjajstvenno-bio logicheskie priznaki novogo sorta ovsa jarovogo sorta Arhan // Zernovoe hozjajstvo Rossii. 2021. № 1(73). S. 20–25. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2021-73-1-20-25> [in Russian]

[19] **Behtol'd, N. P.**, Orlova E. A. Ustojchivost' ovsa posevnogo k golovnevym boleznyam v uslovijah lesostepi Priob'ja // Zernovoe hozjajstvo Rossii, 2022. – T. 14. – № 3. – S. 102–. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2022-81-3-102-101> [in Russian]

[20] **Ruja, A.**, Cozma A., Cozma B., Pop G., Imbrea I.M. Nutritional, Phytochemical, and Rheological Profiles of Different Oat Varieties and Their Potential in the Flour Industry. Agronomy, 2024. – 14(7). – r. 1438. <https://doi.org/10.3390/agronomy14071438>

[21] **Dospehov, B.A.** Metodika polevogo opyta. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 s. [in Russian]

[22] Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozjajstvennyh kul'tur. – Almaty: KPR MSH RK, 2002. – 339 s. [in Russian]

[23] Kompleksnaja programma po selekcii jachmenja dlja zony dejatel'nosti Vostochnogo selekcentra “Arpa” // Metodicheskie rekomendacii. – Alma-ata, 1983. – 36 s. [in Russian]

[24] Metodicheskie ukazaniya po izucheniju mirovoj kollekcii pshenicy. – L.: tip. VIR, 1973. – S.33.

[25] Mezhdunarodnyj klassifikator SJeV roda Hordeum L. – L., 1983. – 53 s. [in Russian]

[26] **Savin, V.N.**, Abugaliev I.A., Abugalieva A.I. Analiticheskie issledovaniya v rastenievodstve // Doklady RASHN. – 1998. – №2. – S.13-15. [in Russian]

[27] **Williams, P.**, El-Haramein F.J., Nakkoue B., Rihawis. Crop quality evaluation methods and quidelines. – Aleppo, 1988. – 145 p. [in Russian]

«ҚАЗЕЖӨШҒЗИ» ЖШС ЖАЗДЫҚ ЖЕМДІК ДӘНДІ DAҚЫЛДАРДЫҢ ПЕРСПЕКТИВТІ ҮЛГІЛЕРІНІҢ ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ

Баймуратов А.Ж., ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты,

Шегебаев Г.О., ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты,

Сариев Б.С., биология ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰАҒА академигі

Абаев С.С., ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты

*«Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми зерттеу институты» ЖШС-і,
Алмалыбақ ауылы, Алматы облысы, Қазақстан*

Андатпа. Жемдік дәнді дақылдары, ең алдымен, дән мен жем шөптің жоғары өнімділігімен ерекшеленіп, сондай-ақ энергия көзі мен ақуыздың жақсы тепе-теңдігімен бағаланады. Негізгі артықшылығы - олардың крахмал мөлшерінің жоғары болуы және жемнің жақсы сіңімділігін қамтамасыз ететін оңтайлы аминқышқылдық құрамы. Селекциялық жұмыстар өнімділігі жоғары, биотикалық және абиотикалық стресске, жатып қалуға және ауруларға төзімділік, сондай-ақ ақуыз мөлшері жоғары сорттарды жасауға бағытталған.

Жедік сапасына қойылатын талаптардың артуымен, азықтық және өңдеу өнеркәсібі үшін тұрақты шикізат базасын қамтамасыз ету қажеттілігімен, жемшөп пен азық өндірісі үшін арпа мен сұлы селекциясы өзекті болып табылады және бірін-бірі толықтыратын қиындықтарды шешеді. Жемдік дәнді дақылдардың селекциялық жұмыстары арқасында кешенді тәсіл тұрақты жем өндірісін де, азық-түлік өнеркәсібі үшін шикізат базасын да қамтамасыз етуге көмектеседі, ауыл шаруашылығы секторының азық-түлік және экономикалық қауіпсіздігін нығайтады.

Қазіргі заманғы ауыл шаруашылығы өндірісіндегі негізгі міндет, ауа райының өзгеруіне қарамастан, жылдан жылға астық өндірісін тұрақтандыру болып табылады. Ауыл шаруашылығы ғылымының, ең алдымен селекция мен тұқым шаруашылығының, астық өндірісін арттыру мен тұрақтандырудың негізі ретіндегі рөлі айтарлықтай артып келеді.

Осыған байланысты, бүкіл әлемде ауыл шаруашылығы дақылдарының жақсартылған сорттарының негізгі көзі болып саналатын жаһандық генетикалық ресурстарды зерттеу және ұтымды пайдалану осы мақсаттарға жету үшін өте маңызды.

Тірек сөздер: жаздық, жалаңаш дәнді арпа, сұлы, сорт, үлгі, өнімділік, ақуыз, крахмал.

RESEARCH RESULTS OF PROSPECTIVE MODELS OF SUMMER FORAGE CROP PRODUCTION BY LLP "KazRIAPG"

Baimuratov A. Zh., Candidate of Agricultural Sciences,

Shegebayev G. O., Candidate of Agricultural Sciences,

Sariev B. S., Doctor of Biological Sciences, Academician of the AAS RK,

Abaev S. S., Candidate of Agricultural Sciences

LLP "Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing"

Almalybak village, Almaty region, Kazakhstan

Annotation. Forage grain crops are valued primarily for their high grain and green mass yields, as well as their good energy-protein balance. A key advantage is their high starch content and optimal amino acid composition, ensuring good feed digestibility. Breeding efforts in these areas are aimed at developing varieties with increased productivity, resistance to biotic and abiotic stress, lodging resistance, and disease resistance, as well as higher protein content.

With increasing feed quality requirements and the need to ensure a stable raw material base for the food and processing industries, barley and oat breeding for both forage and food production is relevant and addresses different, yet complementary, challenges. An integrated approach to grain forage crop breeding helps ensure both sustainable forage production and a raw material base for the food industry, strengthening the food and economic security of the agricultural sector.

The key challenge in modern agricultural production, regardless of changing weather conditions, is stabilizing grain production year after year. The role of agricultural science, primarily breeding and seed production, as the foundation for increasing and stabilizing grain production is significantly increasing.

In this regard, the study and rational use of global genetic resources, which are considered worldwide as the primary source of improved agricultural crop varieties, is crucial to achieving these goals.

Keywords: spring, naked barley, oats, variety, sample, numbers, yield, protein, starch.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОРТОВ И СЕЛЕКЦИОННЫХ ЛИНИЙ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ПО УРОЖАЙНОСТИ, ИЗМЕНЧИВОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ ТОО «КАРАБАЛЫКСКАЯ СХОС»

Бодрая М.Ю., магистр, старший научный сотрудник,
m.bodraya95@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-8826-5758>

Чудинов В.А., заместитель председателя правления
по научной работе,
<https://orcid.org/0000-0001-6740-8383>

Бодрый К.В., аспирант, заведующий лабораторией,
bkv938@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6271-1113>

Волкова Г.О., ученый секретарь,
rgkp.karabalyk@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-2283-3963>

*ТОО «Карабалыкская сельскохозяйственная опытная станция»,
Костанайская обл., Карабалыкский район, с. Научное, Казахстан*

Аннотация. Ведущей зерновой культурой Казахстана остаётся яровая мягкая пшеница, занимающая значительную часть посевных площадей страны. В условиях климатической нестабильности урожайность культуры характеризуется высокой изменчивостью, что требует отбора генотипов с высокой продуктивностью и устойчивостью к абиотическим стрессам. В этой связи актуальной задачей является изучение перспективных селекционных линий и сравнение их с зарегистрированными сортами.

Цель исследования - сравнительная оценка урожайности сортов и новых линий яровой мягкой пшеницы в условиях резко континентального климата Северного Казахстана и выделения наиболее перспективных генотипов.

Объектами работы явились шесть сортов, включённых в Государственный реестр РК (Казахстанская раннеспелая, Ламис, Фантазия, Августина, Айна и Краюшка), а также новые селекционные линии, находящиеся на этапе конкурсного испытания в ТОО «Карабалыкская СХОС». Оценка проводилась по данным урожайности за 2023-2025 гг. Использованы средняя урожайность, размах и коэффициент вариации, а также параметры адаптивности и стабильности по методике Эберхарта-Рассела. Среди сортов наибольшую стабильность продемонстрировали Краюшка, Августина и Айна. Среди линий наиболее перспективными оказались Лютесценс 4, Лютесценс 58 и Лютесценс 37, отличавшиеся сочетанием высокой урожайности и низкой изменчивости. Ряд образцов (Эритроспермум 39, Лютесценс 34) проявили широкую адаптивность, тогда как линии интенсивного типа зависели от благоприятных условий. Результаты позволяют выделить устойчивые и продуктивные генотипы для дальнейшей селекционной работы, и рекомендованы для передачи в государственное сортоиспытание.

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, урожайность, изменчивость, экологическая пластичность, стабильность

Введение. Яровая мягкая пшеница остаётся ведущей зерновой культурой Казахстана. Несмотря на диверсификацию сельскохозяйственного производства, её посевная площадь составляет около 13 млн га [1]. Вместе с тем климатические изменения и снижение стабильности агроэкосистем обуславливают высокую изменчивость урожайности культуры. Согласно прогнозам, в перспективе ожидается её снижение вследствие уменьшения влагообеспеченности, повышения температур и увеличения частоты засух [2].

В связи с этим в современных селекционных программах особое внимание

уделяется созданию сортов, сочетающих высокий потенциал урожайности и устойчивость к неблагоприятным факторам среды. Для Северного Казахстана данная задача особенно актуальна, поскольку продуктивность яровой пшеницы в значительной степени определяется гидротермическими условиями вегетационного периода. Поэтому особую ценность представляют генотипы, способные формировать стабильный урожай в контрастных погодных условиях [3].

Одним из ключевых направлений современной селекции является изучение взаимодействия «генотип – среда» ($G \times E$), поскольку реакция сортов на изменение условий выращивания может существенно различаться. В связи с этим при оценке селекционного материала важное значение имеют не только показатели урожайности, но и параметры экологической пластичности и стабильности, позволяющие объективно оценить адаптивный потенциал генотипов [4, 5].

Для оценки адаптивности сортов и линий широко используется методика S. A. Eberhart и W. A. Russell, основанная на расчёте коэффициента регрессии (b_i) и дисперсии отклонений от линии регрессии ($S^2 di$) [6]. Данный подход позволяет оценить отзывчивость генотипов на изменение условий среды и широко применяется при изучении зерновых культур, в том числе яровой мягкой пшеницы [7–9]. В современных условиях особое значение приобретает оценка продуктивности и адаптивного потенциала селекционного материала, поскольку эффективность селекции определяется не только уровнем урожайности, но и способностью генотипов сохранять продуктивность в изменяющихся условиях среды [10].

Исследования, проведённые в Северном Казахстане, Сибири и сопредельных регионах, показывают, что в условиях резко континентального климата особую ценность представляют генотипы, сочетающие высокую продуктивность и устойчивость к колебаниям погодных условий [5]. По данным ряда авторов, экологическая стабильность урожайности является одним из основных критериев отбора селекционного материала при создании новых сортов яровой мягкой пшеницы для степных зон [3, 4, 7].

Перспективные селекционные линии после завершения конкурсного испытания могут быть переданы в систему Государственного сортоиспытания Республики Казахстан [11]. В связи с этим представляет интерес сравнительная оценка зарегистрированных сортов и новых селекционных линий яровой мягкой пшеницы ТОО «Карабалыкская СХОС», находящихся на этапе конкурсного испытания [12].

Предметом исследования послужили показатели урожайности, уровень изменчивости и адаптивность генотипов по методике Eberhart S. A. и Russell W. A. [6].

Цель исследования – провести сравнительную оценку урожайности сортов и новых линий яровой пшеницы в контрастных погодных условиях и выделить перспективные генотипы с высокой стабильностью и адаптивностью.

Задачи исследования:

1. Собрать и проанализировать данные урожайности изучаемых образцов за три года.
2. Рассчитать показатели изменчивости урожайности (размах вариации и коэффициент вариации).
3. Оценить экологическую пластичность и стабильность по методике Эберхарта–Рассела.
4. Сравнить линии и сорта-стандарты, выделить перспективные образцы для дальнейших селекционных испытаний.

Материалы и методы исследования. Объектами проведенных исследований являются зарегистрированные сорта и новые линии яровой мягкой пшеницы селекции ТОО «Карабалыкская СХОС».

В качестве стандартов использовали шесть сортов яровой мягкой пшеницы, включённых в Государственный реестр селекционных достижений Республики Казахстан: Казахстанская раннеспелая, Ламис, Фантазия, Августина, Айна и Краюшка [12]. Одновременно изучались новые селекционные линии яровой пшеницы, находящиеся на этапе конкурсного испытания.

Полевые испытания проводились в 2023–2025 гг. на опытных делянках площадью 10 м². Предшественник – чистый пар. Опыт закладывался в трёхкратной повторности. Почвы опытного участка представлены обыкновенными чернозёмами. Посев проводили в оптимальные для зоны сроки — 20 мая, селекционной сеялкой СКС-6-10. Норма высева составляла 4 млн всхожих зерен на 1 га. Агрофон опыта — чистый пар без внесения минеральных удобрений. В течение вегетационного периода дополнительные агротехнические обработки и внесение удобрений не проводились, что позволило оценить реакцию сортов и линий преимущественно на естественные условия среды. Учёт урожайности осуществлялся в соответствии с методикой Государственного сортоиспытания [11]. Так как формирование урожайности яровой пшеницы в значительной степени зависит от погодных условий, был проведён анализ температуры и влагообеспеченности в годы исследований; данные представлены в таблице 1. [13]

Условия вегетационных периодов 2023–2025 гг. существенно различались как по температурному режиму, так и по количеству осадков.

В 2023 году средняя температура за вегетационный период составила +20,2 °С, что на 2,1 °С выше средней многолетней нормы (+18,1 °С). При этом количество осадков было близким к норме – 190,2 мм против 182,6 мм. Такие условия характеризовались как относительно тёплые и умеренно засушливые, что способствовало формированию высокого урожая.

В 2024 году условия были резко контрастными. Средняя температура за вегетационный период оказалась ниже нормы (+18,1 °С), однако количество осадков достигло 351,3 мм, что почти в два раза превысило среднемноголетний уровень (182,6 мм). Это указывает на переувлажнение, особенно в мае (102,9 мм против 31,4 мм в норме), что могло негативно сказаться на развитии растений и привести к снижению урожайности.

Таблица 1 – Метеорологические условия за 2023 – 2025 годы

Месяцы	Температура, °С				Осадки, мм				ГТК		
	2023	2024	2025	ср. мн.	2023	2024	2025	ср. мн.	2023	2024	2025
Май	+16,6	+8,9	+16,1	+13,9	10,3	102,9	92,9	31,4	0,2	3,7	1,9
Июнь	+19,9	+22,8	+21,6	+19,3	39,3	65,3	49,5	45,5	0,7	1,0	0,8
Июль	+25,2	+22,5	+21,4	+20,7	23,2	125,8	28,5	66,2	0,3	1,8	0,4
Август	+19,0	+18,2	+20,1	+18,5	117,4	57,3	41,4	39,7	2,0	1,0	0,7
За вегет. период	+20,2	+18,1	+19,8	+18,1	190,2	351,3	212,3	182,6			

В 2025 году условия вновь были благоприятными для роста пшеницы: температура за вегетацию составила +19,8 °С, что на 1,7 °С выше нормы, а количество осадков - 212,3 мм, несколько выше среднемноголетнего значения. При этом распределение осадков было более равномерным по месяцам по сравнению с 2024 годом.

В целом, 2023 год можно охарактеризовать как тёплый и умеренно сухой, 2024 – как прохладный и переувлажнённый, а 2025 – как благоприятный по сочетанию температуры и влагообеспеченности.

Значения ГТК подтвердили существенные различия условий увлажнения по годам исследований: 2023 год был преимущественно засушливым, 2024 — избыточно увлажнённым, а 2025 характеризовался более благоприятным гидротермическим режимом для формирования урожая. Такая контрастность условий позволила провести объективную оценку адаптивности сортов и новых селекционных линий [5].

Для их объективной оценки использовали комплекс статистических методов: среднюю урожайность, размах вариации, коэффициент вариации, а также параметры экологической пластичности и стабильности по методике A. Eberhart и W. A. Russell.

В ходе анализа рассчитывались следующие показатели:

Средняя урожайность (ц/га) – определялась как для каждого года отдельно, так и в среднем за три года испытаний; Размах вариации (R) – разница между максимальным и минимальным значением урожайности за годы испытаний; Коэффициент вариации (CV, %) – показатель изменчивости урожайности, рассчитанный по методике Б. А. Доспехова (1985) [14].

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{X}} \times 100 \quad (1)$$

где, σ – стандартное отклонение, $\bar{X}$ – среднее значение урожайности.

Далее была проведена оценка пластичности и стабильности в соответствии с методикой Eberhart S. A. и Russell W. A. [6]

Коэффициент регрессии:

$$b_i = \frac{\sum Y_{ij} \cdot I_j}{\sum I_j^2} \quad (2)$$

где, $\sum Y_{ij} \cdot I_j$ – сумма произведения урожайности определенного сорта за определенный год на соответствующую величину индекса условий среды; $\sum I_j^2$ – сумма квадратов индексов условий среды.

Индекс условий среды определяли как отклонение средней урожайности всех генотипов в конкретном году от общей средней урожайности за весь период исследований.

$$I_j = Y_j - \bar{Y}, \quad (3)$$

где, Y_j – средняя урожайность по всем сортам в j-м году, $\bar{Y}$ – средняя урожайность по всем сортам и годам.

Для оценки стабильности сорта был использован показатель дисперсии по методике S. A. Eberhart и W. A. Russell. Для проведения данной оценки необходимо было рассчитать теоретическую урожайность сортов и вычислить отклонение фактической урожайности сорта от теоретической.

Дисперсия отклонений от линии регрессии (S^2_{di}):

$$S_{di}^2 = \frac{\sum o_{ij}^2}{(n - 2)}, \quad (4)$$

где o_{ij} – отклонение фактической урожайности сорта от теоретической, n - число лет испытаний.

Таким образом, использование различных методов обеспечило комплексную характеристику изучаемых сортов и линий яровой пшеницы по продуктивности,

адаптивности и изменчивости в условиях резко континентального климата Северного Казахстана (ТОО «Карабалыкская СХОС»).

Результаты и обсуждение. В ходе исследований основным показателем, на который опирались при дальнейших расчетах, являлась урожайность. На рисунке 1 представлены данные об изменении урожайности изучаемых сортов и линий в течение трёх лет наблюдений. Согласно полученным результатам, 2023 год оказался наиболее благоприятным: урожайность в этот период превышала показатели других лет практически у всех образцов.

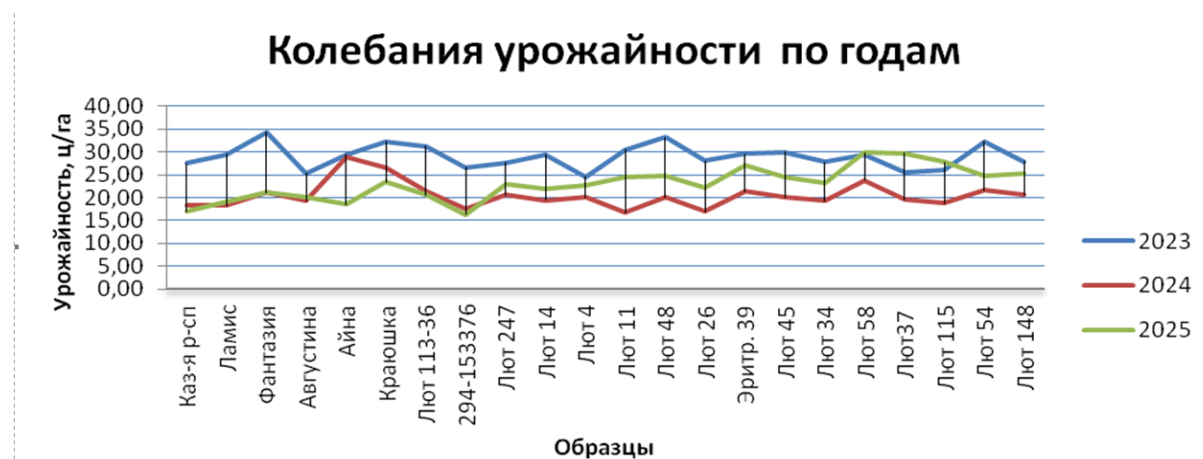


Рисунок 1 – Колебания урожайности изучаемых образцов в годы испытания 2023-2025 года

Наименьшая урожайность отмечена в переувлажнённом 2024 году. В 2025 году урожайность была выше, чем в 2024 году, однако не достигла уровня 2023 года.

Для более детального анализа средние значения урожайности за три года, а также показатели изменчивости и адаптивности (размах вариации, коэффициент вариации, коэффициент регрессии bi и дисперсия) приведены в таблице 2. Сравнительный анализ этих данных позволяет оценить сорта-стандарты и новые селекционные линии, обладающие высокой продуктивностью и стабильностью в условиях резко континентального климата.

Таблица 2 - Урожайность и параметры стабильности сортов и линий яровой мягкой пшеницы за 2023–2025 гг

№	Название сорта	2023	2024	2025	Средняя урожайность, ц/га	Размах вариации, R	Коэффициент вариации, CV, %
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Казахстанская раннеспелая	27,50	18,42	17,00	20,97	10,50	27,15
2	Ламис	29,40	18,19	19,11	22,23	11,21	27,99
3	Фантазия	34,30	21,11	21,08	25,50	13,22	29,90
4	Августина	25,30	19,28	20,12	21,57	6,02	15,11
5	Айна	29,40	28,91	18,54	25,62	10,86	23,95
6	Краюшка	32,30	26,63	23,35	27,43	8,95	16,50
7	Лютесц. 113-36	31,30	21,39	20,55	24,41	10,75	24,50
8	294-153376	26,59	17,51	16,32	20,14	10,27	27,88
9	Лютесценс 247	27,70	20,54	22,87	23,70	7,16	15,40

1	2	3	4	5	6	7	8
10	Лютесценс 14	29,41	19,40	21,86	23,56	10,01	22,15
11	Лютесценс 4	24,51	20,08	22,65	22,41	4,43	9,93
12	Лютесценс 11	30,41	16,70	24,45	23,85	13,71	28,82
13	Лютесценс 48	33,17	20,03	24,72	25,97	13,14	25,64
14	Лютесценс 26	28,05	17,03	22,23	22,44	11,02	24,57
15	Эритросп. 39	29,59	21,34	27,00	25,98	8,25	16,24
16	Лютесценс 45	30,00	20,01	24,37	24,79	9,99	20,20
17	Лютесценс 34	27,78	19,25	23,19	23,41	8,53	18,24
18	Лютесценс 58	29,29	23,78	29,83	27,63	5,51	12,12
19	Лютесценс 37	25,45	19,49	29,74	24,89	5,96	20,68
20	Лютесценс 115	25,97	18,78	27,83	24,19	7,19	19,75
21	Лютесценс 54	32,31	21,63	24,82	26,25	10,68	20,88
22	Лютесценс 148	27,92	20,53	25,35	24,60	7,39	15,25
	Среднее	28,98	20,46	23,05	24,16		
	Индекс усло- вий среды	4,82	-3,71	-1,12			

Рассматривая показатели средней урожайности за 2023–2025 гг., следует отметить, что среди сортов-стандартов наиболее продуктивными были Краюшка, Айна и Фантазия. Среди новых селекционных линий наиболее высокую урожайность сформировали Лютесценс 58, Лютесценс 54, Эритроспермум 39 и Лютесценс 48, превысившие либо находившиеся на уровне лучших стандартных сортов. Это свидетельствует о высоком селекционном потенциале отдельных линий и перспективности их дальнейшего изучения в системе конкурсного и государственного сортоиспытания.

Вместе с тем высокая средняя урожайность не всегда сопровождалась стабильностью её проявления в различные годы исследований. Анализ показателей изменчивости показал, что среди сортов-стандартов наиболее устойчивыми были Августина и Краюшка, характеризовавшиеся минимальными значениями размаха вариации и коэффициента вариации. В противоположность этому сорта Фантазия и Ламис отличались более выраженной зависимостью урожайности от условий года, что указывает на их высокую отзывчивость к изменениям среды. Среди новых селекционных линий наиболее стабильными оказались Лютесценс 4, Лютесценс 58 и Лютесценс 37, сочетавшие сравнительно низкую изменчивость урожайности с достаточно высоким уровнем продуктивности. Наибольшая изменчивость отмечена у линий Лютесценс 11, Лютесценс 48 и 294-153376, что свидетельствует об их меньшей устойчивости в контрастных погодных условиях. Полученные результаты согласуются с данными Н. Ferney и соавт. [5], согласно которым устойчивые генотипы яровой мягкой пшеницы в условиях Казахстана и Сибири характеризуются меньшей изменчивостью урожайности и пониженными значениями коэффициента вариации.

Для более глубокой оценки адаптивности изучаемых образцов была использована методика Эберхарта-Рассела, основанная на анализе коэффициента регрессии (b_i) и дисперсии отклонений (S^2d_i). Установлено, что сорта Августина и Краюшка, а также линии Лютесценс 4, Лютесценс 58 и Лютесценс 37 характеризовались значениями $b_i < 1$ и относительно низкими значениями S^2d_i , что свидетельствует о пониженной отзывчивости к улучшению условий среды и высокой стабильности проявления урожайности. Это позволяет отнести их к генотипам с пониженной отзывчивостью на улучшение условий среды и высокой стабильностью проявления урожайности.

Особый интерес представляет сорт Айна, сочетающий высокую среднюю урожайность - 25,62 ц/га с минимальными значениями b_i и S^2d_i .

Таблица 3 - Урожайность и параметры стабильности и пластичности сортов и линий яровой мягкой пшеницы за 2023–2025 гг по методике S. A. Eberhart и W. A. Russell

№	Название сорта	Коэффициент Регрессии, b_i	Дисперсия отклонений от линии регрессии, S_{di}^2
1	Казахстанская раннеспелая	1,19	53,83
2	Ламис	1,39	73,54
3	Фантазия	1,66	105,91
4	Августина	0,73	20,63
5	Айна	0,36	5,08
6	Краюшка	0,81	25,13
7	Лютесц. 113-36	1,27	62,11
8	294-153376	1,18	53,22
9	Лютесценс 247	0,83	26,65
10	Лютесценс 14	1,19	5,21
11	Лютесценс 4	0,48	8,94
12	Лютесценс 11	1,50	86,35
13	Лютесценс 48	1,52	88,38
14	Лютесценс 26	1,24	37,56
15	Эритросп. 39	0,88	29,29
16	Лютесценс 45	1,13	49,05
17	Лютесценс 34	0,96	35,29
18	Лютесценс 58	0,52	10,27
19	Лютесценс 37	0,45	7,83
20	Лютесценс 115	0,64	15,79
21	Лютесценс 54	1,25	60,10
22	Лютесценс 148	0,79	23,94

Группу генотипов с широкой экологической адаптивностью составили Казахстанская раннеспелая среди сортов-стандартов, а также линии Эритроспермум 39, Лютесценс 34 и Лютесценс 45, имевшие коэффициент регрессии, близкий к единице. Такие образцы способны относительно равномерно реализовывать продуктивный потенциал в различных условиях вегетации.

Сорта Фантазия и Ламис, а также линии Лютесценс 11, Лютесценс 48 и Лютесценс 54 характеризовались значениями коэффициента регрессии выше единицы и повышенными показателями дисперсии отклонений. Это свидетельствует об их принадлежности к генотипам интенсивного типа, отличающимся высокой отзывчивостью на улучшение условий выращивания, но меньшей стабильностью в стрессовых условиях. Аналогичные закономерности были отмечены и в исследованиях И. Н. Бесалиева [7], где сорта с коэффициентом регрессии, близким к единице или ниже, рассматривались как более адаптивные к контрастным условиям среды. По данным В. З. Пакудина и Л. М. Лопатиной [8], сочетание низких значений b_i и S_{di}^2 является одним из основных показателей экологической устойчивости генотипов.

Полученные данные согласуются с результатами исследований, проведённых в Северном Казахстане, где продуктивность пшеницы также в значительной степени определялась особенностями гидротермических условий вегетационного периода [15]. В целом выявленные закономерности соответствуют данным других исследователей, проводивших оценку адаптивности яровой мягкой пшеницы в условиях континентального климата Казахстана и сопредельных регионов [4, 5, 7].

Заключение. Проведенная сравнительная оценка урожайности, адаптивности и изменчивости сортов и новых линий яровой мягкой пшеницы в контрастных погодных условиях 2023-2025 гг. позволила установить существенные различия между

изучаемыми генотипами по характеру реакции на условия среды. Среди сортов-стандартов наиболее высокой средней урожайностью характеризовались Краюшка - 27,43 ц/га, Айна - 25,62 ц/га и Фантазия - 25,50 ц/га.

Наиболее стабильными по совокупности показателей изменчивости, коэффициента регрессии и дисперсии отклонений оказались сорта Краюшка, Августина и Айна. Сорт Казахстанская раннеспелая проявил адаптивный тип реакции, однако характеризуется низкой стабильностью. Интенсивный тип реакции показали сорта Ламис и Фантазия, при этом оба образца отличались нестабильностью урожайности.

Среди новых селекционных линий наиболее высокую среднюю урожайность сформировали Лютесценс 58 - 27,63 ц/га, Лютесценс 54 - 26,25 ц/га, Эритроспермум 39 - 25,98 ц/га и Лютесценс 48 - 25,97 ц/га, что свидетельствует о высоком потенциале продуктивности данного селекционного материала.

По результатам оценки экологической пластичности и стабильности, можно выделить несколько групп по типу реакции. Линии Лютесценс 4, Лютесценс 58 и Лютесценс 37 относятся к экстенсивному типу. Они отличаются высокой стабильностью и могут быть перспективными для возделывания в регионах с неблагоприятными условиями. Линии Лютесценс 247, Лютесценс 115 и Лютесценс 148 также характеризуются экстенсивным типом реакции, однако уровень их стабильности несколько ниже по сравнению с предыдущей группой. К группе образцов с широкой адаптивностью относятся Эритроспермум 39, Лютесценс 34 и Лютесценс 45. Эти линии способны формировать достаточно высокий урожай при различных условиях вегетации, однако стабильность признака в целом оценивается как средняя.

Линии Лютесценс 11, Лютесценс 48, Лютесценс 26, Лютесценс 54, Лютесценс 113-36 и 294-153376 отнесены к интенсивному типу. Они отличаются высокой отзывчивостью на улучшение условий вегетации, но одновременно демонстрируют резкое снижение урожайности в стрессовых условиях, что характеризует их как менее устойчивые. Наиболее перспективной по совокупности изученных признаков является линия Лютесценс 58, сочетавшая высокую урожайность, низкую изменчивость и высокую экологическую стабильность. Перспективными также следует считать линии Эритроспермум 39 и Лютесценс 54, характеризовавшиеся высокой продуктивностью и удовлетворительной адаптивностью.

Благодарность. Данная работа выполнена в рамках Программно-целевого финансирования Министерства Сельского хозяйства РК по программе BR24892821 «Селекция и первичное семеноводство зерновых культур для повышения потенциала продуктивности, качества и стрессоустойчивости в различных почвенно-климатических зонах Казахстана» на 2024-2026 гг.

Литература:

[1] Правительство Казахстана. *Яровая пшеница по-прежнему занимает значительную часть посевных площадей – около 13 млн га* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.zerno.ru/node/28768> (дата обращения: 18.12.2025).

[2] Undorf, S., Romanovska P., Schauburger B. Human-induced climate change has decreased wheat production in northern Kazakhstan [Электронный ресурс] / S. Undorf P. Romanovska B. Schauburger // Environmental Research: Climate. – 2024. – Vol. 3, № 3. – Art. 031005. – <https://doi.org/10.1088/2752-5295/ad53f7>. – Режим доступа: <https://climateattribution.org/resources/human-induced-climate-change-has-decreased-wheat-production-in-northern-kazakhstan/> (дата обращения: 18.12.2025).

[3] Айдарбекова, Т. Ж., Сыздыкова Г. Т., Малицкая Н. В., Нургазиев Р. Е., Хусаинов А. Т., Жабаяева М. У., Маханова С. К., Шойкин О. Д. Сравнительная оценка линий яровой мягкой пшеницы *Triticum aestivum* L. в степной зоне Северо-Казахстанской области [Текст] /

Т.Ж.Айдарбекова и др. // Сельскохозяйственная биология, 2022. – Т. 57 – № 1. – С. 66–80. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2022.1.66rus>. – Режим доступа: <https://www.agrobiology.ru/1-2022aidarbekova.html> (дата обращения: 18.12.2025).

[4] **Барковская, Т.А.**, Гладышева О.В., Кокорева В.Г. Оценка адаптивности и потенциальной продуктивности яровой мягкой пшеницы в условиях Рязанской области [Текст] / Т. А. Барковская О. В. Гладышева В. Г. Кокорева // Аграрная наука Северо-Востока, 2023. – Т. 24. – № 1. – С. 58–65. <https://doi.org/10.30766/2072-9081-2023.24.1.58-65>.

[5] **Ferney, H.**, Morgounov A., Abugalieva A. Evaluation of grain yield stability, reliability and cultivar recommendations in spring wheat *Triticum aestivum* L. from Kazakhstan and Siberia [Текст] / H. Ferney A. Morgounov A. Abugalieva // Journal of Central European Agriculture, 2007. – Vol. 7. – № 4. – P. 649–660. – <https://doi.org/10.5513/jcea.v7i4.407>.

[6] **Eberhart, S. A.**, Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties [Текст] / S.A. Eberhart, W.A.Russell // Crop Science. – 1966. – Vol. 6, № 1. – P. 36–40. – <https://doi.org/10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x>.

[7] **Бесалиев, И.Н.** Оценка адаптивности сортов яровой мягкой пшеницы в условиях Оренбургской области [Текст] / И. Н. Бесалиев // Земледелие, 2023. – № 1. – С. 32–36. – <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2023-1-32-36>.

[8] **Пакудин, В.З.**, Лопатина Л.М. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур [Текст] / Сельскохозяйственная биология, 1984. – № 4. – С. 109.

[9] **Bendada, H.**, Mehanni O., Louahdi A. N., Selloum S., Guemaz S., Frih B., Guendouz A. Efficiency of parametric and non-parametric indices as the indicators of grain yield stability of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under rainfall conditions [Электронный ресурс] Agricultural Science Digest: A Research Journal, 2024. – Vol. 44, № 5. – P. 878–884. – <https://doi.org/10.18805/ag.DF-537>. – Режим доступа: <https://arccjournals.com/journal/agricultural-science-digest/DF-537> (дата обращения: 18.12.2025).

[10] **Savin T.**, Turuspekov Y. et al. Spring Wheat Breeding in Northern Kazakhstan: Drivers of Diversity and Performance. Crops. 2025. Vol. 5(5). Art. 63. <https://doi.org/10.3390/crops5050063>.

[11] Правила проведения сортоиспытания сельскохозяйственных растений. Утв. приказом Министра сельского хозяйства Республики Казахстан от 19 ноября 2015 года № 18-02/1057 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1500011879> (дата обращения: 18.12.2025).

[12] Государственная комиссия по сортоиспытаниям сельскохозяйственных культур Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан. Государственный реестр селекционных достижений агрокультур [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gcomsort.kz/главная/> (дата обращения: 18.12.2025).

[13] **Цыганков, В.**, Губашева Б.Е., Цыганков А.В., Цыганкова Н.В. Влияние метеорологических условий на урожайность сортов яровой пшеницы в условиях Западного Казахстана [Текст] / Ғылым және білім, 2023. – Т. 2. – № 3(72). – С. 109–120. <https://doi.org/10.52578/2305-9397-2023-3-2-109-120>.

[14] **Доспехов, Б.А.** Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований [Текст]. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

[15] **Жылкыбаев, Р. С.**, Жигула Т. Ю., Шпигель А. Л., Потоцкая И. В. Формирование урожайности и качества зерна твердой пшеницы в условиях Северного Казахстана [Текст] Аграрный вестник Урала, 2025. – Т. 25.– № 3. – С. 360–370. – <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-03-360-370>.

References:

[1] Pravitel'stvo Kazahstana. Jarovaja psHENICA po-prezhnemu zanimaet znachitel'nuju chast' posevnyh ploshhadej – okolo 13 mln ga [Elektronnyj resurs]. — Rezhim dostupa: <https://www.zerno.ru/node/28768> (data obrashhenija: 18.12.2025). [in Russian]

[2] **Undorf, S.**, Romanovska P., Schauburger B. Human-induced climate change has decreased wheat production in northern Kazakhstan [Elektronnyj resurs] / S. Undorf P. Romanovska

B. Schauburger // Environmental Research: Climate. – 2024. – Vol. 3, № 3. – Art. 031005. – <https://doi.org/10.1088/2752-5295/ad53f7>. – Rezhim dostupa: <https://climateattribution.org/resources/human-induced-climate-change-has-decreased-wheat-production-in-northern-kazakhstan/> (data obrashhenija: 18.12.2025).

[3] **Ajdarbekova, T. Zh.**, Syzdykova G. T., Malickaja N. V., Nurgaziev R. E., Husainov A. T., Zhabaeva M. U., Mahanova S. K., Shojkin O. D. Sravnitel'naja ocenka linij jarovoj mjangkoj pshenicy *Triticum aestivum* L. v stepnoj zone Severo-Kazahstanskoj oblasti [Tekst] / T. Zh. Ajdarbekova i dr. // Sel'skohozjajstvennaja biologija, 2022. – T. 57 – № 1. – S. 66–80. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2022.1.66rus>. – Rezhim dostupa: <https://www.agrobiology.ru/1-2022aidarbekova.html> (data obrashhenija: 18.12.2025). [in Russian]

[4] **Barkovskaja, T. A.**, Gladysheva O. V., Kokoreva V. G. Ocenka adaptivnosti i potencial'noj produktivnosti jarovoj mjangkoj pshenicy v uslovijah Rjazanskoj oblasti [Tekst] / T. A. Barkovskaja O. V. Gladysheva V. G. Kokoreva // Agrarnaja nauka Severo-Vostoka, 2023. – T. 24. – № 1. – S. 58–65. <https://doi.org/10.30766/2072-9081-2023.24.1.58-65>. [in Russian]

[5] **Ferney, H.**, Morgounov A., Abugalieva A. Evaluation of grain yield stability, reliability and cultivar recommendations in spring wheat *Triticum aestivum* L. from Kazakhstan and Siberia [Tekst] / H. Ferney A. Morgounov A. Abugalieva // Journal of Central European Agriculture, 2007. – Vol. 7. – № 4. – P. 649–660. – <https://doi.org/10.5513/jcea.v7i4.407>.

[6] **Eberhart, S. A.**, Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties [Tekst] / S. A. Eberhart, W. A. Russell // Crop Science. – 1966. – Vol. 6, № 1. – P. 36–40. – <https://doi.org/10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x>.

[7] **Besaliev, I. N.** Ocenka adaptivnosti sortov jarovoj mjangkoj pshenicy v uslovijah Orenburgskoj oblasti [Tekst] / I. N. Besaliev // Zemledelie, 2023. – № 1. – S. 32–36. – <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2023-1-32-36>. [in Russian]

[8] **Pakudin, V. Z.**, Lopatina L. M. Ocenka jekologicheskoy plastichnosti i stabil'nosti sortov sel'skohozjajstvennyh kul'tur [Tekst] / Sel'skohozjajstvennaja biologija, 1984. – № 4. – S. 109. [in Russian]

[9] **Bendada, H.**, Mehanni O., Louahdi A. N., Selloum S., Guemaz S., Frih B., Guendouz A. Efficiency of parametric and non-parametric indices as the indicators of grain yield stability of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under rainfall conditions [Elektronnyj resurs] Agricultural Science Digest: A Research Journal, 2024. – Vol. 44, № 5. – P. 878–884. – <https://doi.org/10.18805/ag.DF-537>. – Rezhim dostupa: <https://arccjournals.com/journal/agricultural-science-digest/DF-537> (data obrashhenija: 18.12.2025). [in Russian]

[10] **Savin T.**, Turuspekov Y. et al. Spring Wheat Breeding in Northern Kazakhstan: Drivers of Diversity and Performance. Crops. 2025. Vol. 5(5). Art. 63. <https://doi.org/10.3390/crops5050063>.

[11] Pravila provedenija sortoispytaniya sel'skohozjajstvennyh rastenij. Utv. prikazom Ministra sel'skogo hozjajstva Respubliki Kazahstan ot 19 nojabrja 2015 goda № 18-02/1057 [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1500011879> (data obrashhenija: 18.12.2025). [in Russian]

[12] Gosudarstvennaja komissija po sortoispytaniyam sel'skohozjajstvennyh kul'tur Ministerstva sel'skogo hozjajstva Respubliki Kazahstan. Gosudarstvennyj reestr selek-cionnyh dostizhenij agrokul'tur [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://gcomsort.kz/glavnaja/> (data obrashhenija: 18.12.2025). [in Russian]

[13] **Cygankov, V.**, Gubasheva B. E., Cygankov A. V., Cygankova N. V. Vlijanie meteorologicheskikh uslovij na urozhajnost' sortov jarovoj pshenicy v uslovijah Zapadnogo Kazahstana [Tekst] / Fylym zhəne bilim, 2023. – T. 2. – № 3(72). – S. 109–120. <https://doi.org/10.52578/2305-9397-2023-3-2-109-120>. [in Russian]

[14] **Dospehov, B. A.** Metodika polevogo opyta s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij [Tekst]. – 5-e izd., pererab. i dop. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 s. [in Russian]

[15] **Zhylykbaev, R. S.**, Zhigula T. Ju., Shpigel' A. L., Potockaja I. V. Formirovanie urozhajnosti i kachestva zerna tverdoj pshenicy v uslovijah Severnogo Kazahstana [Tekst] Agrarnyj vestnik Urala, 2025. – T. 25. – № 3. – S. 360–370. – <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-03-360-3707> [in Russian]

**ЖАЗДЫҚ ЖҰМСАҚ БИДАЙ СОРТТАРЫ МЕН СЕЛЕКЦИЯЛЫҚ ЖЕЛІЛЕРІНІҢ
ӨНІМДІЛІК, ӨЗГЕРГІШТІК ЖӘНЕ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫНА
САЛЫСТЫРМАЛЫ СИПАТТАМАСЫ – «ҚАРАБАЛЫҚ АШТС» ЖШС
ЖАҒДАЙЫНДА**

Бодрая М.Ю., магистр, аға ғылыми қызметкер,
Чудинов В.А., басқарма төрағасының ғылыми жұмыстар жөніндегі орынбасары
Бодрый К.В., аспирант, зертхана меңгерушісі,
Волкова Г.О., ғылыми хатшы,

*«Қарабалық ауыл шаруашылығы тәжірибе станциясы» ЖШС,
Қостанай облысы, Қарабалық ауданы, Научное ауылы, Қазақстан*

Андатпа. Қазақстанда жетекші дәнді дақыл ретінде жаздық жұмсақ бидай қалуда, оның үлесіне елдің егістік алқаптарының едәуір бөлігі тиесілі. Климаттық тұрақсыздық жағдайында бұл дақылдың өнімділігі жоғары өзгергіштікпен сипатталады, сондықтан жоғары өнімділігімен қатар абиотикалық күйзелістерге төзімді генотиптерді іріктеу қажет. Осыған байланысты перспективалы селекциялық линияларды зерттеу және оларды тіркелген стандарт сорттарымен салыстыру өзекті міндет болып табылады.

Зерттеудің мақсаты – Солтүстік Қазақстанның күрт континенталды климаты жағдайында жаздық жұмсақ бидайдың сорттары мен жаңа линияларының өнімділігін салыстырмалы түрде бағалау және ең перспективалы генотиптерді бөліп көрсету.

Жұмыс нысандары – Қазақстан Республикасының Мемлекеттік тізіліміне енгізілген алты сорт (Қазақстандық ерте пісетін, Ламис, Фантазия, Августина, Айна және Краюшка), сондай-ақ «Қарабалық АШФС» ЖШС-де конкурс сынағында тұрған жаңа селекциялық линиялар. Бағалау 2023–2025 жж. өнімділік деректері бойынша жүргізілді. Статистикалық әдістер қолданылды: орташа өнімділік, вариация амплитудасы, вариация коэффициенті, сондай-ақ Эберхарт–Рассел әдістемесі бойынша бейімделгіштік пен тұрақтылық параметрлері.

Зерттеу нәтижесінде сорттар арасынан ең жоғары тұрақтылықты экстенсивті типке жататын Краюшка, Августина және Айна көрсетті. Линиялар ішінде Лютесценс 4, Лютесценс 58 және Лютесценс 37 жоғары өнімділік пен төмен өзгергіштікті үйлестіре білді. Бірқатар үлгілер (Эритроспермум 39, Лютесценс 34) кең бейімделгіштік танытты, ал интенсивті типтегі линиялар қолайлы жағдайларға тәуелділігін көрсетті.

Алынған нәтижелер тұрақты әрі өнімді генотиптерді бөліп көрсетуге мүмкіндік береді, оларды әрі қарайғы селекциялық жұмыста қолдануға және мемлекеттік сортсынауға ұсынуға болады.

Тірек сөздер: жаздық жұмсақ бидай; өнімділік; өзгергіштік; экологиялық икемділік; тұрақтылық.

**COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF SPRING BREAD WHEAT VARIETIES AND
BREEDING LINES IN TERMS OF YIELD, VARIABILITY, AND ECOLOGICAL
STABILITY UNDER THE CONDITIONS OF LLP “KARABALYK AGRICULTURAL
EXPERIMENT STATION”**

Bodraya M.Yu., M.Sc., Senior Researcher,
Chudinov V.A., Deputy Chairman of the Board for Research
Bodry K.V., PhD student, Head of Laboratory,
Volkova G.O., Scientific Secretary,

*LLP “Karabalyk Agricultural Experimental Station”, Kostanay region, Karabalyk district, Nauchnoye
village, Kazakhstan*

Annotation. Spring bread wheat remains the leading cereal crop in Kazakhstan, accounting for a significant share of the country’s arable land. Under conditions of climatic instability, the yield of this crop is highly variable, which necessitates the identification of genotypes that combine not only

high productivity but also resilience to abiotic stresses. In this regard, the evaluation of promising breeding lines in comparison with registered standard varieties is a highly relevant task.

The aim of this study was to conduct a comparative assessment of the yield performance of spring bread wheat varieties and new breeding lines under the sharply continental climate of Northern Kazakhstan, and to identify the most promising genotypes.

The study involved six varieties registered in the State Register of the Republic of Kazakhstan (Kazakhstanskaya rannespelaya, Lamis, Fantaziya, Avgustina, Aina, and Krayushka) as well as new breeding lines under competitive testing at Karabalyk Agricultural Experimental Station (Karabalyk AES). Yield data were collected during 2023–2025. Statistical methods applied included mean yield, yield range, coefficient of variation, and adaptability and stability parameters according to the method of Eberhart and Russell.

The results showed that the most stable varieties were Krayushka, Avgustina, and Aina, which belong to the extensive type. Among the lines, *Lutescens* 4, *Lutescens* 58, and *Lutescens* 37 demonstrated high productivity combined with low variability. Other genotypes (*Erythrospermum* 39, *Lutescens* 34) exhibited wide adaptability, while several intensive-type lines showed high responsiveness to favorable conditions but poor stability under stress.

The findings highlight promising and stable genotypes that may be recommended for further breeding programs and submission to state variety trials.

Keywords: spring bread wheat; grain yield; variability; ecological plasticity; stability.

КОРМОВАЯ ЦЕННОСТЬ АГРОФИТОЦЕНОЗОВ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА

Булеков Т.А., кандидат сельскохозяйственных наук,
tylegen.bylekov@yandex.kz, <https://orcid.org/0000-0001-5975-3232>

Кузембаев М. О., магистр сельскохозяйственных наук,
mko07-05-90@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-8231-5402>.

Бекеев Ж. Г., специалист-зоотехник,
ucxoc.1914@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5975-3232>.

*ТОО «Уральская сельскохозяйственная опытная станция»,
г. Уральск, Казахстан*

Аннотация. При создании агрофитоценоза кормовых культур по производству полноценных кормов должны быть использованы многолетние травы на основе многокомпонентности по составу и сбалансированности. С целью создания агрофитоценозов многолетних кормовых культур с высоким потенциалом продуктивности для производства питательных кормов в кормовых угодьях сухо-степной зоны Западного Казахстана. Был использован агрофитоценоз многолетних трав состоящих из смеси (житняк+ люцерна +эспарцет) разных лет развития. На стационаре ТОО «Уральская СХОС» были изучены травосмесь многолетних трав житняка, люцерны и эспарцета разных лет жизни. Результаты анализа показал хорошую кормовую ценность продуктивность, питательность ценность агрофитоценоза: по содержанию сырого жира была наивысшим смесь многолетних трав второго года жизни, по содержанию сырой клетчатке наблюдали увеличение клетчатки на пятом году жизни, это объясняется увеличением в фитоценозе житняка на пятом году жизни, по содержанию кормовых наблюдали наибольшее содержание в смеси многолетних трав на втором году жизни, это можно объяснить увеличением в фитоценозе бобовых культур. Травосмесь житняка, люцерны и эспарцета нужно скашивать на сено до пятого года жизни в фазе цветения житняка, когда травостой содержит большое количество питательных веществ и хорошо поедается скотом. Для пастбищного использования стравливать начиная с пятого года жизни в кормовых угодьях сухо-степной зоны Западного Казахстана.

Ключевые слова: кормовая ценность, агрофитоценоз, многолетние травы, –клетчатки, житняк, урожайность.

Введение. При создании агрофитоценоза кормовых культур по производству полноценных кормов должны быть использованы многолетние травы на основе многокомпонентности по составу и сбалансированности [1]. В Канаде травостой состоящий из посевов житняка и естественных пастбищ, по сравнению с постоянным выпасом в прериях, повышает емкость пастбища на 35%, привесы на 43% и исключает чрезмерное стравливание.

Подбирать поливидовые посевы многолетних трав с разным периодом использования необходимо с учётом срока наступления фазы начала цветения на многоукосных травостоях - в фазу «трубкавание – колошение», на пастбищах – стравливание при высоте 10-12 см [2].

Чтобы получить высокую продуктивность от животных в соответствии с их генетическим потенциалом, необходимо добиться, чтобы животные больше потребляли сухих веществ в рационах с разнообразными кормами высокого качества, с высокой концентрацией энергии и питательных веществ в сухом веществе [3]. Здесь на первый план выдвигаются вопросы диететики питания, повышения качества кормов, улучшения вкусовых качеств кормов и рационов, искусства приготовления кормов, применения кормовых добавок и др [4].

Производственная практика травосеяния в сухостепной зоне Западного Казахстана показывает, что получить всходы многолетних трав удастся не каждый год. В годы с благоприятными погодными условиями всходы многолетних трав получаются и, наоборот, в не благоприятные годы всходы трав получаются часто изреженными, зарастают сорняками и, в последующем, дают низкие урожаи [5,6]. Поэтому при большом производственном значении и экологической пользе трав остро стоит вопрос о фитоценозе многолетних трав.

Многолетние травы входящие в смесь, с учетом их взаимоотношений, биологических особенностей прорастания и развития всходов, их отношения к глубине заделки, путем правильного численного соотношения в семенах осуществима задача создания сеяного травостоя заданного состава. Исходный сформированный травостой по составу видов трав и их численному соотношению должен обеспечить взаимозаменяемость видов трав в засушливые и влажные годы, а в особенности плавную смену менее долговечных более долговечными видами в целях получения устойчивого высокого урожая корма на протяжении установленного срока пользования [7].

Травосмесь люцерны и эспарцета с житняком рекомендуется убирать в более ранние фазы его развития, когда травостой содержит большое количество питательных веществ и хорошо поедается скотом. Скашивать травостой необходимо в оптимальные фазы вегетации, когда максимальный урожай сочетается с высоким содержанием питательных веществ [8]. Наилучшими сроками скашивания многолетних и однолетних бобовых и крестоцветных являются фазы бутонизации – начало цветения. Продолжительность использования их не должна превышать 15 дней. Отава бобовых культур используется в те же фазы и сроки, что и основной травостой [9].

Все эти кормовые культуры, убранные в оптимальные сроки, обеспечат равномерное и бесперебойное поступление высокобелковой зеленой массы для животных в течение всего весенне-летне-осеннего периода и будут хорошим сырьем для приготовления кормов на зиму [10].

Для удовлетворения потребностей животных необходима зеленая высокопитательная масса, оценка качества которой не может быть проведена каким-то одним, хотя и обобщающим, показателем [11]. Для этого применяют комплексную оценку с учетом энергетической питательности корма, содержания в нем протеина, сухого вещества, жира, сахаров, клетчатки, макроэлементов, витаминов и других питательных веществ [12].

Первый этап – в практике заготовки кормов, большей частью, скашивание начинают в более поздние стадии вегетации растений, для так называемого набора массы. Опоздание с началом уборки на одну неделю равно потере 3,6 единиц переваримости корма, что равносильно дополнительным затратам 1,5 кг комбикорма на голову в день. Если растение переросло и полегло, то потеря составит уже 9 единиц переваримости.

Первое – это сроки начала заготовки. Злаковые травы начинают скашивать при достижении ими роста 40-50 см. В это время, если раскрыть трубку, то колос только собирается выйти наружу. Заканчивают злаковые, не позже, чем когда три четверти массива цветёт. Бобовые начинают скашивать в фазе бутонизации и завершают в фазе цветения. Важна ещё и высота среза растений. Скашивание культур производят на высоте не ниже чем 10 см от поверхности. Каждый день задержки с уборкой зеленой массы сопровождается уменьшением на 0,5-0,7% количества энергии, снижением уровня протеина на 1-2%, значительным возрастанием содержания клетчатки [13].

На втором и третьем этапах – если соблюдаются сроки скашивания растений, и степень их измельчения – качество закладываемого сырья будет соответствовать требованиям технологии. Качество сырья также зависит и от возраста растений. Травы

первых пяти лет более питательны и вкусны, и чем старше растения – тем менее они питательны и вкусны [14].

Сырая клетчатка состоит из собственно клетчатки (целлюлозы), части гемицеллюлоз и инкрустирующих веществ (лигкина, кутина, суберина). Целлюлоза образует основу оболочки растительных клеток. С развитием растений целлюлоза пропитывается лигнином, и стенки клеток одревесневают. Гемицеллюлозы состоят из пентозных и гексозных сахаров и являются запасным питательным веществом в оболочках растительных клеток. Клетчатка не разрушается ферментами пищеварительного тракта [15]. И то ее количество, которое в период нахождения пищевых масс в рубце не подверглось воздействию микроорганизмов, в дальнейшем не используется животным и выделяется в виде непереваренных остатков с калом. Переваримость клетчатки зависит от количества и активности целлюлозолитических микроорганизмов в рубце. При скармливании животным рационов с большим количеством клетчатки число целлюлозолитических микроорганизмов в рубце увеличивается. Избыточное содержание сырой клетчатки в рационах снижает переваримость и эффективность использования животными питательных веществ. Однако в определенном количестве она необходима как фактор, нормализующий пищеварение в рубце [16,17].

Питательность корма – это его свойство обеспечивать животный организм всеми необходимыми питательными веществами и энергией.

Главной составной частью каждого живого тела являются белки. Жизнь животных неразрывно связана с образованием и распадом белковых веществ в организме. Для того чтобы образовать белки своего тела, а также молока, животное должно получать необходимое количество белков в составе рациона. Белки кормов, называемые иначе протеинами, качественно весьма различны. В сыром протеине различают белки и амиды — азотистые соединения небелкового характера [18].

В составе жиров находятся в разных сочетаниях углерод, водород и кислород. Благодаря тому, что в жирах, по сравнению с другими питательными веществами, меньше кислорода и больше углерода и водорода, они при окислении выделяют в 2,25 раза больше энергии, чем углеводы [19]. Поэтому жиры имеют высокую энергетическую ценность. Но роль жира не исчерпывается только его энергетической ценностью. Он в качестве структурного материала входит в состав протоплазмы клеток [20]. Отдельные жирные кислоты, такие, как линолевая, линоленовая и арахидоновая, жизненно необходимы для нормальных процессов обмена веществ, роста и развития животных, и поэтому они обязательно должны доставляться с пищей. Эти кислоты организм животного не может синтезировать, и они считаются незаменимыми [21]. В организме животных незаменимые жирные кислоты используются в основном для синтеза биологически активных веществ типа простагландинов, тромбоксанов, лейкотриенов [22].

Основная цель наших исследований. Создание агрофитоценозов многолетних кормовых культур с высоким потенциалом продуктивности для производства питательных кормов в кормовых угодьях сухо-степной зоны Западного Казахстана. Был использован агрофитоценоз многолетних трав состоящих из смеси (житняк+ люцерна+эспарцет) разных лет развития.

Материал и методы. Житняк форма куста прямостоячая, слегка раскидистая. Урожайность зеленой массы сорта составила 50,0 ц/га, сухой массы- 26,0 ц/га, В сухой массе содержится белка 6-8%, клетчатки 16-20%. Биологические особенности: Весной отрастает дружно, зимостойкость высокая. Период вегетации от отрастания до начала цветения (сенокосная спелость) 58-66 дней, от отрастания до созревания семян

98-102 дня, у стандарта 54; 98 дней соответственно. Особая ценность в том, что и в засушливые годы он имеет высокую урожайность сена.

Люцерна занимает ведущее место среди других многолетних трав благодаря её ценным биологическим и кормовым достоинствам. По сравнению с другими бобовыми культурами она содержит наибольшее количество переваримого протеина (150—180 г в 1 кг сена), богата минеральными соединениями и витаминами. Ценное её свойство – способность быстро отрастать после скашивания и произрастать на одном месте 6-8 лет и более. Это засухоустойчивая и зимостойкая культура, которая обогащает почву органическим веществом и улучшает её структуру [19].

Эспарцет используется для приготовления сена, сенажа, витаминной муки и в качестве зеленой подкормки для животных. В 1 кг сена содержится в среднем 0,50-0,60 корм. ед., 150-180г. переваримого протеина. Достигает высоты 60-80 см, в благоприятных условиях образует большие кусты, имеет мощный стержневой корень, от которого в пахотном слое отходят корни второго порядка. Он не теряет листьев так легко, как люцерна. При стравливании на выпасе не вызывает у животных заболевания тимпанитом.

В условиях сухо-степной зоны Западно-Казахстана опыт заложен на стационаре отдела неорошаемого земледелия и кормопроизводства ТОО «Уральская СХОС». Площадь делянок 250 м², повторность 3-х кратная, расположение делянок систематическое. Анализ кормовой ценности смеси многолетних трав был проведен в лаборатории ТОО «Орал Жер»: сырой протеин ГОСТ 13496.4-2019; сырая клетчатка ГОСТ 13496.2-91; сырой жир ГОСТ 13496.15-2016; сырая клетчатка ГОСТ 13496.2-91.

Используемые методы и способы, предусматривают проведение полевых и лабораторных опытов, фенологические наблюдения, биометрические измерения, учет урожая и анализ экспериментальных данных. Статистическая обработка цифровых данных проводится по методу дисперсионного анализа.

Результаты. Схемы агрофитоценоз многолетних трав для каждой зоны различны, но цель при их разработке одна - обеспечение животных с ранней весны до поздней осени зеленым кормом хорошего качества. На основании многолетних исследований ТОО «Уральская сельскохозяйственная опытная станция» разработана схема агрофитоценозов многолетних трав, обеспечивающая бесперебойное и равномерное поступление сбалансированной по питательным веществам зеленой массы в течение всего теплого сезона. Анализ ботанического состава агрофитоценоза показал, что содержание в травостое житняка увеличивается с увеличением возраста от 35 до 85%, эспарцет самое большое содержание на втором году развития 32%. Аналогичная тенденция наблюдали и у люцерны 33%.

Учет ботанического состава смеси многолетних трав разных годов жизни приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Ботанический состав агрофитоценоза (житняк+ люцерна +эспарцет) разных лет развития среднее за три года

Варианты использования травосмесей по годам жизни	Удельный вес в травостое, %		
	Житняк	Эспарцет	Люцерна
Смесь многолетних трав 5 года жизни	85±2	10±0,5	5±0,2
Смесь многолетних трав 4 года жизни	70±1,5	16±0,6	14±0,3
Смесь многолетних трав 3 года жизни	64±1,2	13±0,7	23±0,8
Смесь многолетних трав 2 года жизни	35±0,8	32±1,3	33±1,0
НСР ⁰⁵	0,9	0,6	0,5

Самое большое содержание бобовых компонентов в смеси многолетних трав установлено на посевах трав 2 года жизни -65%. На пятый год жизни многолетних трав наблюдается снижение люцерны -5% и эспарцета -10% в составе травостоя, которые не выдерживает конкуренции и выпадают, чем снижает ценность кормов.

Результаты химического анализа сена многолетних трав на стационаре ТОО «Уральская СХОС» показывал хорошую продуктивность, питательную ценность агрофитоценозов состоящей из смеси многолетних трав разных лет жизни. Кормовая ценность агрофитоценозов многолетних трав по сырому протеину наибольшее содержание показал посев 2023 года- 17,69% третьего года жизни рисунок 1. Содержание сырого жира смесь многолетних трав второго года жизни было наивысшим и составил 4,51% превысив на 6% травы четвертого года жизни 2023 году, урожай 2024 года наоборот рисунок 2.

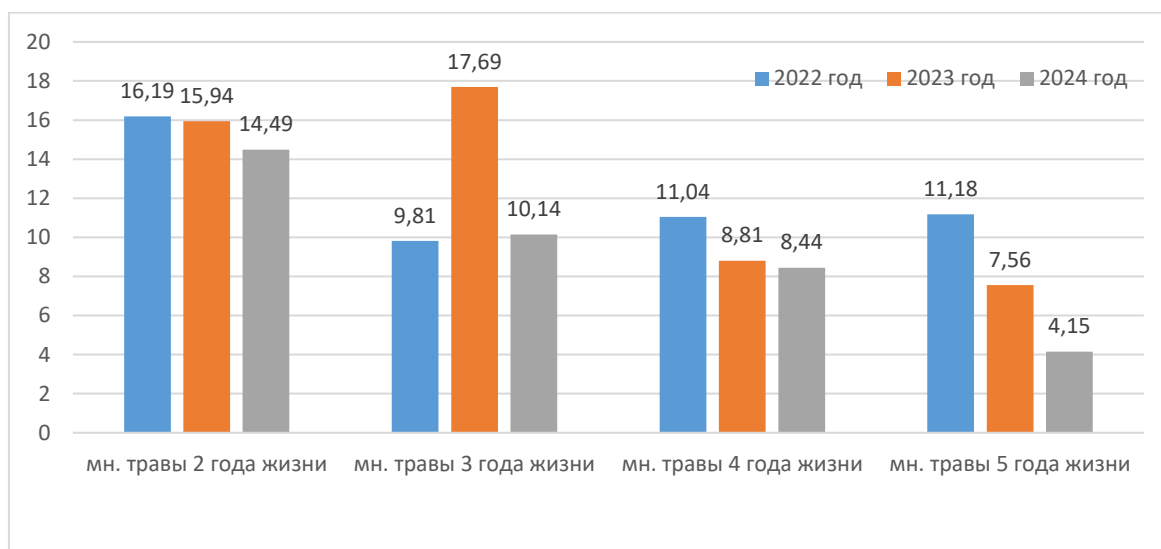


Рисунок 1 – Кормовая ценность агрофитоценозов по сырому протеину %

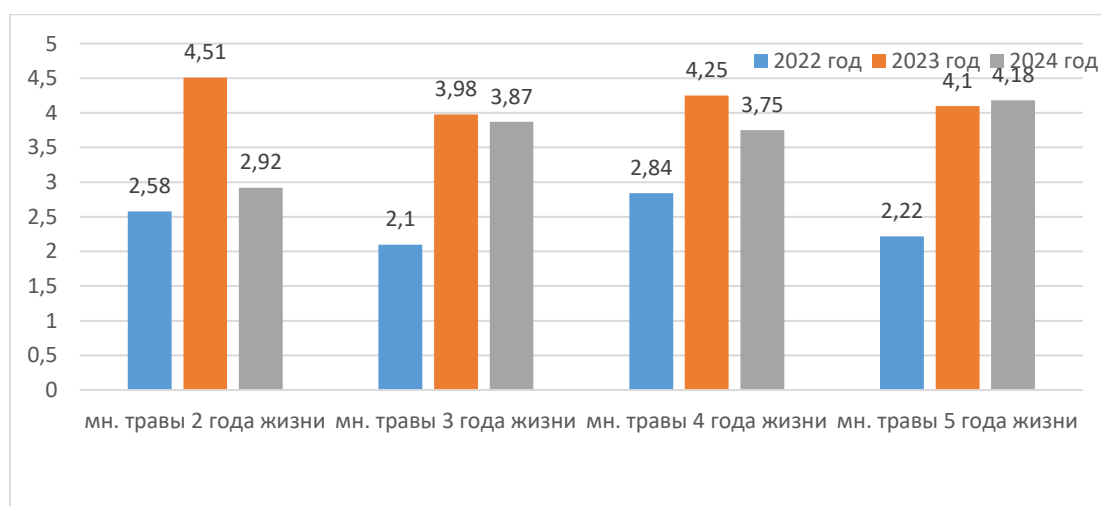


Рисунок 2 – Кормовая ценность агрофитоценозов по сырому жиру %

Кормовая ценность смеси многолетних трав различного возраста развития по содержанию сырой клетчатке приведен на рисунке 3, где наблюдали увеличение клетчатки на пятом году жизни, это объясняется увеличением в фитоценозе житняка на пятом году жизни.

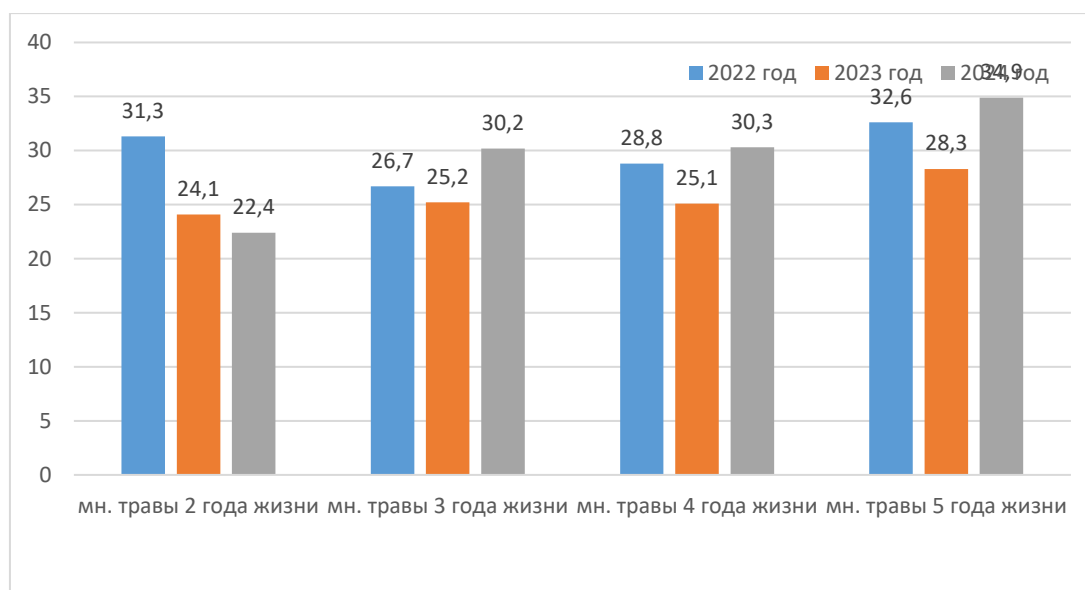


Рисунок 3 – Кормовая ценность агрофитоценозов по сырой клетчатке %

Кормовая ценность смеси многолетних трав различного возраста развития по содержанию кормовых единиц приведен на рисунке 4, где наблюдали наибольшее содержание в смеси многолетних трав на втором году жизни, это можно объяснить увеличением в фитоценозе бобовых культур.

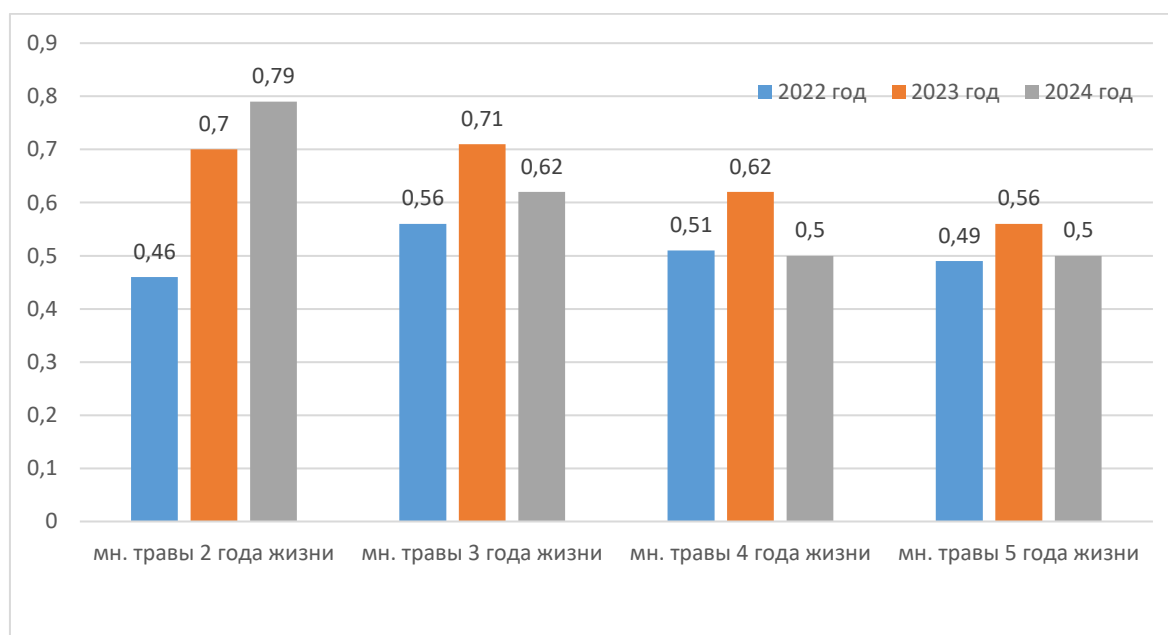


Рисунок 4 – Кормовые единицы агрофитоценозов

Кормовая ценность агрофитоценозов различного возраста развития по содержанию сырого протеина приходится на второй год жизни, наибольшее содержание сырой клетчатки в смеси многолетних трав на пятом году жизни, содержание жира различалось не значительно рисунок 5.

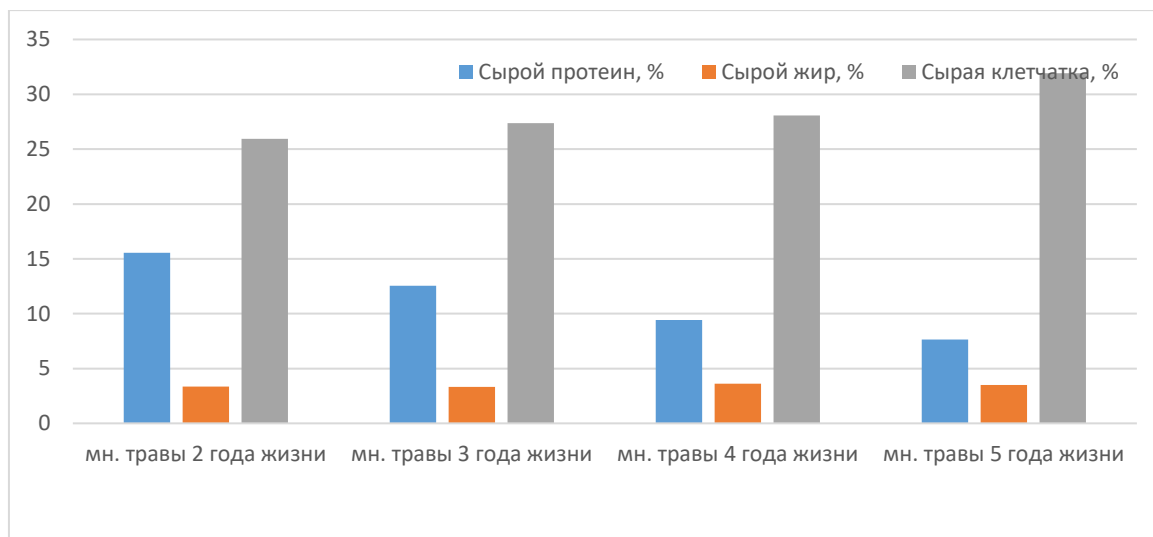


Рисунок 5 – Кормовая ценность агрофитоценозов среднее за три года

Агроклиматические условия значительно влияют на продуктивность кормовых агрофитоценозов наиболее продуктивным был 2023 год по сухой массе, переваримому протеину и обменной энергии рисунок 6.

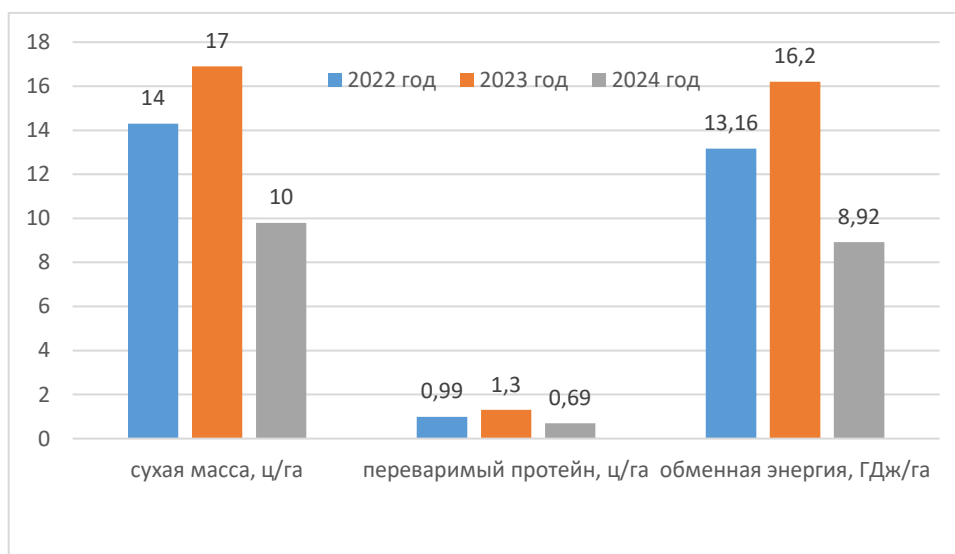


Рисунок 6 – Продуктивность агрофитоценозов многолетних трав

Скашивать травостой необходимо в оптимальные фазы вегетации, когда максимальный урожай сочетается с высоким содержанием питательных веществ. Каждый день задержки с уборкой зеленой массы сопровождается уменьшением на 0,5-0,7% количества энергии, снижением уровня протеина на 1-2%, значительным возрастанием содержания клетчатки.

Наилучшими сроками скашивания многолетних и однолетних бобовых и крестоцветных являются фазы бутонизации – начало цветения. Продолжительность использования их не должна превышать 15 дней. Отава бобовых культур используется в те же фазы и сроки, что и основной травостой.

Все эти кормовые культуры, убранные в оптимальные сроки, обеспечат равномерное и бесперебойное поступление высокобелковой зеленой массы для

животных в течение всего весенне-летне-осеннего периода и будут хорошим сырьем для приготовления кормов на зиму.

Со второй половины мая зеленый корм поступает с полей многолетних бобовых или их смесей с многолетними злаками.

На пастбищах – при подборе необходим учесть высоту растений для стравливания в фазу «выхода в трубку – колошение», при высоте 10-12 см.

Пастбу скота на естественных пастбищах можно производить до середины июля, то есть до выгорания растительности. Рекомендуется выпасать животных до середины мая, так как, во-первых, со второй декады мая естественный травостой уже грубеет, а, во-вторых, к этому времени травостой на сеяном пастбище вступает в фазу кущения злаков и дает самую большую и питательную пастбищную массу. В фазу спелости житняк становится грубым и плохо поедаемым с этого периода необходимо подкашивать нестравленные остатки злаковых многолетних трав для получения отавы. В более благоприятные по увлажнению годы отаву злаковых многолетних трав можно использовать для повторного стравливания животными. Травосмесь житняка, люцерны и эспарцета нужно стравливать в более ранние фазы его развития, когда травостой содержит большое количество питательных веществ и хорошо поедается скотом.

Заключение. Результаты химического анализа сена многолетних трав 2-5 годов жизни на стационаре ТОО «Уральская СХОС» показывал хорошую кормовую ценность продуктивность, питательность ценность агрофитоценоза состоящей из смеси многолетних трав по содержанию сырого жира смесь многолетних трав второго года жизни было наивысшим, по содержанию сырой клетчатке наблюдали увеличение клетчатки на пятом году жизни, это объясняется увеличением в фитоценозе житняка на пятом году жизни, по содержанию кормовых наблюдали наибольшее содержание в смеси многолетних трав на втором году жизни, это можно объяснить увеличением в фитоценозе бобовых культур. Травосмесь житняка, люцерны и эспарцета нужно скашивать на сено до пятого года жизни в фазе цветения житняка, когда травостой содержит большое количество питательных веществ и хорошо поедается скотом. Для пастбищного использования стравливать начиная с пятого года жизни.

Финансирования. Исследования выполнены в рамках Научно-технической программы (НТП), финансируемой по программе программно-целевого финансирования (ПЦФ) Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан (МСХ РК), BR22883585 «Разработка эффективных технологий повышения продуктивного потенциала и рационального использования пастбищ» (2024–2026 гг.).

Литературы:

[1] Чекалин, С.Г., Диденко И.Л. Технология возделывания житняка и его травосмесей в Западно Казахстане // Уральск ЗКФ АО «НЦНТИ». – 2012. – 21с.

[2] Булеков, Т.А., Буянкин В.И., Лиманская В.Б., Курмангазиев Р.С., Кузембаев М.О. Повышение долговечности и продуктивности совмещенных посевов многолетних трав на каштановых почвах Западно Казахстана // Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Органическое сельское хозяйство-основа производства экологически чистой продукции» (28-29 июня 2018 года) Алматы 2018. – С. 145-148.

[3] Булеков, Т.А., Курмангазиев Р.С., Кузембаев М.О., Бекеев Ж.Г. Способ улучшения пастбищ в сухостепной зоне Западного Казахстана // «Ғылым және Білім» Научно-практический журнал Западно-Казахстанского аграрно-технического университета имени Жангир хана, 2020. – № 3 (56). – С. 38-44.

[4] Булеков, Т.А., Буянкин В.И., Лиманская В.Б., Курмангазиев Р.С., Кузембаев М.О. Подсев бобовых растений в дернину старовозрастных посевов многолетних трав на западе Казахстана // «Ғылым және Білім» Научно-практический журнал Западно-Казахстанского аграрно-технического университета имени Жангир хана, 2019. – № 3 (56). – С. 23-27

[5] **Nasiyev B.**, Karynbayev A., Khiyasov M., Bekkaliyev A., Zhanatalapov N., Begeyeva M., Bekkaliyeva A., Shibaikin V. Influence of Cattle Grazing Methods on Changes in Vegetation Cover and Productivity of Pasture Lands in the Semi-Desert Zone of Western Kazakhstan // International Journal of Design & Nature and Ecodynamics, 2023. – Vol.18. – N o.4. – P.767-774. <https://www.scopus.com/sourceid/14200154728>

[6] **Насиев Б.Н.**, Жанаталапов Н.Ж., Беккалиев А.К., Хиясов М.Г., Попов Д.В. Изучение влияния органо-минеральных удобрений на растительность и почву пастбищ // Наука и образование, 2023. – №1-3(70). – С. 99–108. <https://ojs.wkau.kz/index.php/gbj/issue/view/60/56>

[7] **Булеков, Т.А.**, Бекеев Ж.Г., Курмангазиев Р.С., Кузембаев М.О. По ограждению пастбищ в хозяйствах Западно- Казахстанской области // Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан, НАО «Национальный аграрный научно-образовательный центр» ТОО «Уральская сельскохозяйственная опытная станция» 15 июля 2020 г. №4, – 31с.

[8] **Булеков, Т.А.**, Курмангазиев Р.С., Кузембаев М.О., Бекеев Ж.Г., По использованию пастбищ в условиях КХ «Шунайбеков» Западно- Казахстанской области // Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан.НАО, «Национальный аграрный научно-образовательный центр» ТОО «Уральская сельскохозяйственная опытная станция» №4, 15 июля 2020 г. – 27с.

[9] **Сагалбеков, У.М.** Технология создания травостоя донника [Текст] / У.М., Сагалбеков Г.Т. Сейтмаганбетова / Сельскохозяйственные науки. Национальная ассоциация ученых (НАУ). –2015. – 4(11). – С.5-7.

[10] **Костенко, С.А.** Продуктивность и кормовая ценность однолетних и многолетних трав в степной зоне // Кормопроизводство, 2010. – № 6. – С. 18–21.

[11] **Кузнецов, Н.Ф.** Пастбищные экосистемы и их рациональное использование. – М.: Наука, 2001. – 312 с.

[12] **Насиев, Б.Н.**, Жанаталапов Н.Ж. Кормовая продуктивность многолетних трав в условиях сухостепной зоны Казахстана // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана, 2017. – № 3. – С. 45–49.

[13] **Булеков Т.А.**, Кузембаев М.О., Бекеев Ж.Г. Тарлау шөбі – Қазақстанның құрғақ және жартылай шөлейт даласындағы бағалы мал азықтық дақыл // Ғылым және білім. – Уральск, 2025. – №2 (79). – Т.3. – С. 14-22. <https://nauka.wkau.kz/index.php/gbj/issue/view/108>

[14] **Чекалин, С.Г.** Диверсификация полупокровных культур при посеве многолетних трав в Западном Казахстане [Текст] / С.Г. Чекалин, Э.Э. Браун / Агрономия и лесное хозяйство, 2009. – С. 26-29.

[15] **Савченко, И.В.** Формирование агрофитоценозов многолетних трав и их продуктивность // Аграрная наука, 2012. – № 9. – С. 22–25.

[16] **Попов, А.И.** Многолетние травы в рационе сельскохозяйственных животных // Животноводство, 2011. – № 4. – С. 52–56.

[17] **Лебедев, Г.Д.**, Тихонов В.П. Биология и использование кормовых растений. – СПб.: Профессия, 2009. – 400 с.

[18] **Козлов, С.Ф.** Исследование структуры агрофитоценозов многолетних трав // Экология и сельское хозяйство. – 2014. – № 5. – С. 15–19.

[19] **Булеков Т.А.**, Кузембаев М.О., Бекеев Ж.Г. Тарлау шөбі – Қазақстанның құрғақ және жартылай шөлейт даласындағы бағалы мал азықтық дақыл //Ғылым және білім. – Орал, 2025. – №2 (79). – Т.3. – С. 14-22. URL: <https://nauka.wkau.kz/index.php/gbj/issue/view/108>

[20] **Ермеков, Т.К.** Травосмеси и агробиоценозы в условиях засушливого климата// Агроклиматология и мелиорации, 2018. – № 1. – С. 33–38.

[21] **Петров, В.Н.**, Сидоров Д.П. Кормовые качества травосмесей многолетних бобово-злаковых культур // Вестник кормопроизводства, 2016. – № 7. – С. 10–14.

[22] **Холмогорова, Е.А.** Улучшение пастбищных угодий многолетними травами // Известия сельскохозяйственных наук, 2017. – № 2. – С. 24–28.

[23] **Конопьянов, К.Е.** Технология возделывания многолетних и однолетних трав: рекомендация [Текст] / К. Е. Конопьянов, С.К. Абеуов. – Павлодар, 2005. –10 с.

References:

- [1] **Chekalin, S.G.**, Didenko I.L. Tehnologija vozdeľyvanija zhitnjaka i ego travosmesej v Zapadno Kazahstane // Ural'sk ZKF AO «NCNTI». – 2012. – 21s. [in Russian]
- [2] **Bulekov, T.A.**, Bujankin V.I., Limanskaja V.B., Kurmangaziev R.S., Kuzembaev M.O. Povyshenie dolgoletnyija i produktivnosti sovmeshhennyh posevov mnogoletnih trav na kashtanovyh pochvah Zapadno Kazahstana // Sbornik materialov Mezhdunarodnoj nauchno-prak-ticheskoj konferencii «Organicheskoe sel'skoe hozjajstvo-osnovo proizvodstva proizvodstva jekologicheskij chistoj produkcii» (28-29 ijunja 2018 goda) Almalybak 2018. – S. 145-148. [in Russian]
- [3] **Bulekov, T.A.**, Kurmangaziev R.S., Kuzembaev M.O., Bekeev Zh.G. Sposob uluchshenija pastbishh v suhostepnoj zone Zapadnogo Kazahstana // «Fylym zhəne Bilim» Nauchno-prakticheskij zhurnal Zapadno-Kazahstanskogo agrarno-tehnicheskogo universiteta imeni Zhangir hana, 2020. – № 3 (56). – S. 38-44. [in Russian]
- [4] **Bulekov, T.A.**, Bujankin V.I., Limanskaja V.B., Kurmangaziev R.S., Kuzembaev M.O. Podsev bobovyh rastenij v derninu starovozrastnyh posevov mnogoletnih trav na zapade Kazahstana // «Fylym zhəne Bilim» Nauchno-prakticheskij zhurnal Zapadno-Kazahstanskogo agrarno-tehnicheskogo universiteta imeni Zhangir hana, 2019. – № 3 (56). – S. 23-27. [in Russian]
- [5] **Nasiyev B.**, Karynbayev A., Khiyasov M., Bekkaliyev A., Zhanatalapov N., Begeyeva M., Bekkaliyeva A., Shibaikin V. Influence of Cattle Grazing Methods on Changes in Vegetation Cover and Productivity of Pasture Lands in the Semi-Desert Zone of Western Kazakhstan // International Journal of Design & Nature and Ecodynamics, 2023. – Vol.18. – N o.4. – R.767-774. <https://www.scopus.com/sourceid/14200154728>
- [6] **Nasiev B.N.**, Zhanatalapov N.Zh., Bekkaliev A.K., Hijasov M.G., Popov D.V. Izuchenie vlijanija organo-mineral'nyh udobrenij na rastitel'nost' i pochvu pastbishh // Nauka i obrazovanie, 2023. – №1-3(70). – S. 99–108. <https://ojs.wkau.kz/index.php/gbj/issue/view/60/56>. [in Russian]
- [7] **Bulekov, T.A.**, Bekeev Zh.G., Kurmangaziev R.S., Kuzembaev M.O. Po ogražhdeniju pastbishh v hozjajstvah Zapadno- Kazahstanskoy oblasti // Ministerstvo sel'skogo hozjajstva Respubliki Kzahstan.NAO, «Nacional'nyj agrarnyj nauchno-obrazovatel'nyj centr» TOO «Ural'skaja sel'skohozjajstvennaja opyt'naja stancija» №4, 15 ijulja 2020 g. – 31s. [in Russian]
- [8] **Bulekov, T.A.**, Kurmangaziev R.S., Kuzembaev M.O., Bekeev Zh.G., Po ispol'zovaniju pastbishh v uslovijah KH «Shunajbekov» Zapadno- Kazahstanskoy oblasti // Ministerstvo sel'skogo hozjajstva Respubliki Kzahstan.NAO, «Nacional'nyj agrarnyj nauchno-obrazovatel'nyj centr» TOO «Ural'skaja sel'skohozjajstvennaja opyt'naja stancija» №4, 15 ijulja 2020 g. – 27s. [in Russian]
- [9] **Sagalbekov, U.M.** Tehnologija sozdaniya travostoja donnika [Tekst] / U.M., Sagalbekov G.T. Sejtmanbetova / Sel'skohozjajstvennye nauki. Nacional'naja asociacija uchenyh (NAU). – 2015. – 4(11). – S.5-7. [in Russian]
- [10] **Kostenko, S.A.** Produktivnost' i kormovaja cennost' odnoletnih i mnogoletnih trav v stepnoj zone // Kormoproizvodstvo, 2010. – № 6. – S. 18–21. [in Russian]
- [11] **Kuznecov, N.F.** Pastbishhnye jekosistemy i ih racional'noe ispol'zovanie. – M.: Nauka, 2001. – 312 s. [in Russian]
- [12] **Nasiev, B.N.**, Zhanatalapov N.Zh. Kormovaja produktivnost' mnogoletnih trav v uslovijah suhostepnoj zony Kazahstana // Vestnik sel'skohozjajstvennoj nauki Kazahstana, 2017. – № 3. – S. 45–49. [in Russian]
- [13] **Bulekov T.A.**, Kuzembaev M.O., Bekeev Zh.G. Tarlau shəbi – Qazaqstannyn qyraq zhəne zhartylaj shəlejt dalasyndary baraly mal azyqtyq daqyl // Fylym zhəne bilim. – Ural'sk, 2025. – №2 (79). – T.3. – S. 14-22. <https://nauka.wkau.kz/index.php/gbj/issue/view/108>. [in Russian]
- [14] **Chekalin, S.G.** Diversifikacija polupokrovnyh kul'tur pri poseve mnogoletnih trav v Zapadnom Kazahstane [Tekst] / S.G. Chekalin, Je.Je. Braun / Agronomija i lesnoe hozjajstvo, 2009. – S. 26-29. [in Russian]
- [15] **Savchenko, I.V.** Formirovanie agrofitocenzov mnogoletnih trav i ih produktivnost' // Agrarnaja nauka, 2012. – № 9. – S. 22–25. [in Russian]
- [16] **Popov, A.I.** Mnogoletnie travy v racione sel'skohozjajstvennyh zhivotnyh // Zhivotnovodstvo, 2011. – № 4. – S. 52–56. [in Russian]
- [17] **Lebedev, G.D.**, Tihonov V.P. Biologija i ispol'zovanie kormovyh rastenij. – SPb.: Professija, 2009. – 400 s. [in Russian]
- [18] **Kozlov, S.F.** Issledovanie struktury agrofitocenzov mnogoletnih trav // Jekologija i sel'skoe hozjajstvo. – 2014. – № 5. – S. 15–19. [in Russian]

- [19] **Bulekov T.A.**, Kuzembaev M.O., Bekeev Zh.G. Tarlau shөbi – Kazakstannың құрғақ zhәне zhartylaj shөlejt dalasyndary baraly mal azyktyk daқyl //Fylym zhәне bilim. – Oral, 2025. – №2 (79). – T.3. – S. 14-22. URL: <https://nauka.wkau.kz/index.php/gbj/issue/view/108>. [in Russian]
- [20] **Ermekov, T.K.** Travosmesi i agrobiocenozy v uslovijah zasushlivogo klimata// Agroklimatologija i melioracii, 2018. – № 1. – S. 33–38. [in Russian]
- [21] **Petrov, V.N.**, Sidorov D.P. Kormovye kachestva travosmesej mnogoletnih bobovo-zlakovyh kul'tur // Vestnik kormoproizvodstva, 2016. – № 7. – S. 10–14. [in Russian]
- [22] **Holmogorova, E.A.** Uluchshenie pastbishhnyh ugodij mnogoletnimi travami // Izvestija sel'skhozjajstvennyh nauk, 2017. – № 2. – S. 24–28. [in Russian]
- [23] **Konop'janov, K.E.** Tehnologija vozdeľyvanija mnogoletnih i odnoletnih trav: rekomendacija [Tekst] / K. E. Konop'janov, S.K. Abeuov. – Pavlodar, 2005. –10 s. [in Russian]

БАТЫС ҚАЗАҚСТАННЫҢ ҚҰРҒАҚ ДАЛА АЙМАҚЫНДАҒЫ КӨП ЖЫЛДЫҚ ШӨПТЕРДІҢ АГРОФИТОЦЕНОЗДАРЫНЫҢ АЗЫҚТЫҚ ҚҰНДЫЛЫҒЫ

Булеков Т.А., ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты
Кузембаев М.О., ауыл шаруашылығы ғылымдарының магистрі
Бекеев Ж. Г., зоотехник маман

«Орал ауыл шаруашылық тәжірибе станциясы» ЖШС, Орал қ., Қазақстан

Андатпа. Толыққанды мал азығын өндіруге арналған агрофитоценоз құру кезінде құрамы көпкомпонентті және теңгерімді көпжылдық шөптер пайдаланылуы тиіс. Батыс Қазақстанның құрғақ дала аймағындағы мал азықтық алқаптарда жоғары өнімділік әлеуеті бар көпжылдық мал азықтық дақылдардың агрофитоценозын қалыптастыру мақсатында әртүрлі жылдардағы (еркекшөп + жоңышқа + эспарцет) шөп қоспасынан тұратын агрофитоценоз қолданылды. «Орал ауыл шаруашылығы тәжірибе станциясы» ЖШС стационарында әртүрлі тіршілік жылдарындағы житняк, жоңышқа және эспарцеттен құралған көпжылдық шөп қоспасы зерттелді. Зерттеу нәтижелері агрофитоценоздың жоғары азықтық құндылығын, өнімділігі мен қоректілігін көрсетті: шикі май мөлшері бойынша ең жоғары көрсеткіш екінші жылғы көпжылдық шөп қоспасында байқалды; шикі клетчатка мөлшері бесінші жылы артты, бұл бесінші жылы фитоценоз құрамындағы житняк үлесінің көбеюімен түсіндіріледі; азықтық бірлік мөлшері бойынша ең жоғары көрсеткіш екінші жылғы шөп қоспасында анықталды, бұл фитоценоздағы бұршақ тұқымдас дақылдардың үлесінің артуымен байланысты. Еркекшөп, жоңышқа және эспарцет қоспасын пішенге бесінші жылға дейін, житняқтың гүлдену фазасында шабу ұсынылады, өйткені осы кезеңде шөп жамылғысында қоректік заттар мол болып, мал жақсы жейді. Ал жайылым ретінде пайдалану үшін бесінші жылдан бастап құрғақ дала аймағындағы мал азықтық алқаптарда мал жаю ұсынылады.

Тірек сөздер: азықтық құндылық, агрофитоценоз, көпжылдық шөптер, клетчатка, еркекшөп, өнімділік.

FOOD VALUE OF AGROPHYTOCOENOSES OF PERENNAL GRASSES IN THE DRY STEPPE ZONE OF WESTERN KAZAKHSTAN

Bulekov T.A., candidate of agricultural sciences
Kuzembaev M.O., master of agricultural sciences
Bekeev J.G., zootechnician-specialist

LLP “Ural Agricultural Experimental Station,” Republic of Kazakhstan, Uralsk.

Annotation. When creating an agrophytocenosis of forage crops for the production of complete feeds, perennial grasses with a multi-component and balanced composition should be used. In order to develop agrophytocenoses of perennial forage crops with high productivity potential for producing nutritious feeds in the forage lands of the dry-steppe zone of Western Kazakhstan, an agrophytocenosis consisting of a mixture of different years of development (crested wheatgrass + alfalfa + sainfoin) was used. At the stationary experimental site of LLP “Ural Agricultural Experimental Station,” mixtures of perennial grasses—crested wheatgrass, alfalfa, and sainfoin—of different years of life were studied. The analysis results showed high forage value, productivity, and nutritional quality of the agrophytocenosis. The highest crude fat content was observed in the mixture of perennial grasses in the second year of life. An increase in crude fiber content was recorded in the fifth year of life, which is explained by the increased proportion of crested wheatgrass in the phytocenosis during the fifth year. The highest feed unit content was also observed in the second-year mixture of perennial grasses, which can be attributed to the greater proportion of legume crops in the phytocenosis. The grass mixture of crested wheatgrass, alfalfa, and sainfoin should be mowed for hay before the fifth year of life, at the flowering stage of crested wheatgrass, when the herbage contains a high amount of nutrients and is well consumed by livestock. For pasture use, grazing is recommended starting from the fifth year of life in the forage lands of the dry-steppe zone of Western Kazakhstan.

Keywords: forage value, agrophytocenosis, perennial grasses, fiber, crested wheatgrass, yield.

ВАРИАЦИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗЕРНА ОБРАЗЦОВ ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ РАЗНЫХ ГЕНОТИПОВ В ЗАПАДНОМ КАЗАХСТАНЕ

Губашева Б.Е.¹, кандидат сельскохозяйственных наук
bibigul690305@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2084-9434>

Цыганков В.И.², кандидат сельскохозяйственных наук
zigan60@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3652-3888>

Булекова А.А.¹, кандидат сельскохозяйственных наук
akgibek73@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0199-9085>

Цыганков А.В.², старший научный сотрудник
mirestnones1@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1782-962X>

Лиманская В.Б.³, кандидат сельскохозяйственных наук
v.limanskaya@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8982-6471>

Цыганкова М.Ю.², старший научный сотрудник
tsigum@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-3538-6001>

¹Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана, г. Уральск, Казахстан

²ТОО «Казахский научно-исследовательский институт коневодства и кормопроизводства», г. Актобе, Казахстан

³ТОО «Уральская сельскохозяйственная опытная станция», г. Уральск, Казахстан

Аннотация. В статье представлены результаты комплексного анализа вариации качественных характеристик зерна яровой твёрдой пшеницы различных генотипов, возделываемых в условиях Западного Казахстана. Основная цель исследования заключалась в всесторонней оценке продуктивного и технологического потенциала сортов и селекционных линий посредством анализа совокупности ключевых показателей качества зерна и выявления наиболее перспективных генотипов для дальнейшей селекции и практического применения.

В качестве основных критериев оценки использовались масса 1000 зёрен, натура зерна, стекловидность, содержание протеина и клейковины, что позволяет охарактеризовать как продуктивность, так и технологическую ценность зерна. Анализ проводился на основе данных 2024–2025 гг., что обеспечило сопоставление показателей качества при различных агроклиматических условиях. Полученные результаты продемонстрировали устойчивое увеличение средних значений всех изученных признаков в 2025 году, что, вероятно, связано с более благоприятными условиями формирования урожая, способствовавшими лучшему наливу и повышению плотности зерна.

Селекционные линии проявили наибольшую отзывчивость на улучшение условий среды, показав значительный рост как продуктивных, так и качественных характеристик. Сорта группы «Янтарная» отличались стабильностью и высоким содержанием протеина и клейковины, а отдельные образцы селекции «Каргала» - высокой натурой зерна. Статистический анализ подтвердил достоверность результатов и снижение вариабельности признаков в более благоприятный год, что указывает на повышенную устойчивость генотипов.

Таким образом, комплексная оценка качества зерна позволила выделить генотипы с оптимальным сочетанием продуктивности и технологических свойств, представляющие особый интерес для селекции и практического внедрения в условиях Западного Казахстана.

Ключевые слова: яровая твердая пшеница, сорта и линии, качество зерна, генотипическая вариабельность, технологические свойства.

Введение. Яровая твердая пшеница (*Triticum durum* Desf.) является одной из важнейших зерновых культур, используемых преимущественно для производства макаронных изделий, круп и специализированных продуктов питания. Качество зерна

данной культуры в значительной степени определяется содержанием и свойствами клейковины, которые выступают ключевыми показателями технологической и перерабатывающей ценности сырья [1, 2]. В условиях современного растениеводства требования к качеству зерна яровой твердой пшеницы неуклонно возрастают, что обусловлено как развитием перерабатывающей промышленности, так и необходимостью повышения конкурентоспособности сортов на внутреннем и внешнем рынках.

Формирование количества и качества клейковины носит комплексный характер и зависит от генетических особенностей сорта, эколого-климатических условий возделывания, а также уровня агротехники [3-5]. При этом именно генотип является базовым фактором, определяющим потенциальные возможности растения по накоплению белковых веществ и формированию клейковинного комплекса [6]. Рядом исследований показано, что различные генотипы яровой твердой пшеницы существенно различаются по содержанию сырой клейковины и показателям её упругости и эластичности, оцениваемым, в частности, с использованием индекса деформации клейковины (ИДК) [7, 8].

Несмотря на значительное количество работ, посвящённых оценке качества зерна пшеницы, вопросы генотипической варибельности показателей клейковины у яровой твердой пшеницы различного происхождения остаются недостаточно изученными, особенно в контексте отбора исходного материала для селекционных программ, ориентированных на улучшение технологических свойств зерна. В этой связи актуальным является проведение комплексной оценки количества и качества клейковины у образцов яровой твердой пшеницы с применением методов вариационной и корреляционной статистики, что позволяет выявить наиболее ценные генотипы и установить характер взаимосвязей между изучаемыми признаками.

Клейковина, как один из ключевых компонентов зерна яровой твердой пшеницы (*Triticum durum*), играет определяющую роль в оценке его технологического качества и пригодности для переработки на макаронные изделия и специализированные продукты питания. В отечественной аграрной науке вопросы формирования клейковинного комплекса традиционно связываются с генетическими особенностями сорта, а также с взаимодействием генотип–среда в конкретных агроклиматических условиях. Современные исследования в Казахстане подчеркивают важность многофакторного подхода к оценке качества зерна, поскольку устойчивое проявление качественных признаков, таких как содержание и качество клейковины, зависит от совокупности генотипических и средовых факторов [9, 10].

Работа Жылкыбаева и соавторов показала, что селекционные линии яровой твердой пшеницы, адаптированные к условиям Северного Казахстана, способны формировать зерно с высоким содержанием белка и качественной клейковиной, что делает их перспективными для включения в государственные испытания и селекционные программы [11]. Эти результаты согласуются с представленными данными о значительном генетическом разнообразии коллекций яровой твердой пшеницы, выявленном при использовании молекулярных маркеров, что свидетельствует о широком спектре варибельности признаков качества зерна, включая клейковину [12].

Важным аспектом оценки варибельности клейковины являются молекулярно-генетические исследования, демонстрирующие влияние аллельных вариаций генов, кодирующих высокомолекулярные глютенины, на количество и свойства клейковины. Российские исследования отмечают, что определенные аллели в локусах Glu-A1 и Glu-B1 благоприятно сказываются на показателях клейковины и её индексе, что важно для формирования качественных технологических свойств зерна в

разных условиях выращивания [13]. Такие генетические маркеры становятся перспективным инструментом селекции, направленной на целенаправленное улучшение качественных признаков зерна.

Кроме того, отечественные агрономические исследования указывают, что вариация содержания и качества клейковины у пшеницы тесно связана с адаптивными реакциями растений на агроклиматические условия. Так, вариабельность признаков зерна, включая клейковину, в значительной степени определяется как наследственными факторами, так и комплекса почвенно-климатических условий и агротехники [14]. Это подчеркивает необходимость комплексного анализа, включающего вариационную статистику и моделирование взаимодействий генотип-среда для выявления наиболее стабильных и высококачественных генотипов.

Таким образом, современная научная литература подчеркивает широкий диапазон вариабельности показателей клейковины у яровой твердой пшеницы, обусловленный как генетическими различиями, так и влиянием внешних факторов. Это делает актуальной комплексную оценку генотипов различного происхождения с использованием интегрированных подходов, включающих молекулярно-генетическую и фенотипическую характеристику, а также продвинутые методы статистического анализа.

Материалы и методы исследования. Объектом настоящего исследования послужили десять образцов яровой твердой пшеницы, отличающихся по генетическому происхождению и потенциальным хозяйственно-ценным признакам. Экспериментальная часть работы была реализована на базе нескольких научно-исследовательских учреждений аграрного профиля, что позволило обеспечить комплексный подход к изучению исследуемого материала. Полевые и первичные опытные работы проводились в условиях ТОО «Казахский научно-исследовательский институт коневодства и кормопроизводства» и ТОО «Уральская сельскохозяйственная опытная станция», где осуществлялось выращивание и отбор исследуемых образцов.

Лабораторные исследования, направленные на определение показателей качества зерна, выполнялись в лаборатории биохимии и технологической оценки качества сельскохозяйственных культур ТОО «Научно-производственный центр зернового хозяйства имени А. И. Бараева»; а также частично – в лабораториях ТОО «Казахский НИИ коневодства и кормопроизводства» и Актюбинского филиала АО «КазАгрЭкс». В ходе лабораторного анализа проводилась комплексная оценка технологических и биохимических характеристик зерна, позволяющая определить уровень его качества и пригодность для дальнейшего использования в селекционных и производственных целях.

Объектом качественной оценки являлся урожай зерна, полученный в 2024 и 2025 годах, что позволило проанализировать проявление исследуемых признаков в различных агрометеорологических условиях и обеспечить более объективную характеристику вариабельности показателей качества зерна у изучаемых образцов. Оценку качества зерна осуществляли в соответствии с действующими нормативными документами и стандартными методиками. В процессе исследования определяли следующие показатели: натуру зерна, г/л (ГОСТ 10840–2017); массовую долю белка, % (СТ РК 1564–2006); содержание клейковины, % и ее качество, выраженное в единицах ИДК (СТ РК 1054–2002); массу 1000 зерен, г (ГОСТ ISO 520–2014); стекловидность зерна, % (ГОСТ 10987–64). Классификацию зерна по качественным показателям проводили в соответствии с требованиями стандарта СТ РК 1046–2008. Статистическую обработку полученных экспериментальных данных проводили с использованием методов вариационной статистики. Для количественной характеристики исследуемых выборок определяли основные показатели описательной

статистики: среднее арифметическое значение (M), стандартное отклонение (SD) и коэффициент вариации (Cv). Оценку взаимосвязей между исследуемыми параметрами осуществляли с применением корреляционного анализа. Интерпретацию результатов выполняли в соответствии с общепринятыми методологическими подходами биометрии и математической статистики, широко применяемыми в биологических исследованиях [15-17].

Результаты исследования и их обсуждение. Качество зерна формируется под влиянием как генетических особенностей сорта, так и условий выращивания. К числу ключевых показателей, характеризующих выполненность и технологическую ценность зерна, относятся масса 1000 зёрен и натура. Их совместный анализ позволяет более полно оценить продуктивный потенциал сортов и селекционных линий.

Сравнение данных за 2024-2025 гг. показывает, что по обоим показателям наблюдается устойчивая положительная динамика. Это свидетельствует о более благоприятных условиях формирования урожая в 2025 году, которые способствовали лучшему наливу и повышению плотности зерна.

Наиболее выраженные изменения отмечены у селекционных линий. Линия 316/КС-т-24 продемонстрировала значительный рост массы 1000 зёрен (с 35,6 до 52,4 г) и одновременно существенное увеличение натуры зерна (с 756 до 812 г/л) - рисунки 1, 2. Аналогичная тенденция характерна для линии 315/КС-т-24 (33,5-50,0 г и 785-803 г/л, соответственно). Линии 242-243т/24 и 247-257т/24 также показали уверенный рост по обоим показателям, хотя в последнем случае динамика была несколько более умеренной, что может указывать на её стабильность при изменении условий среды.

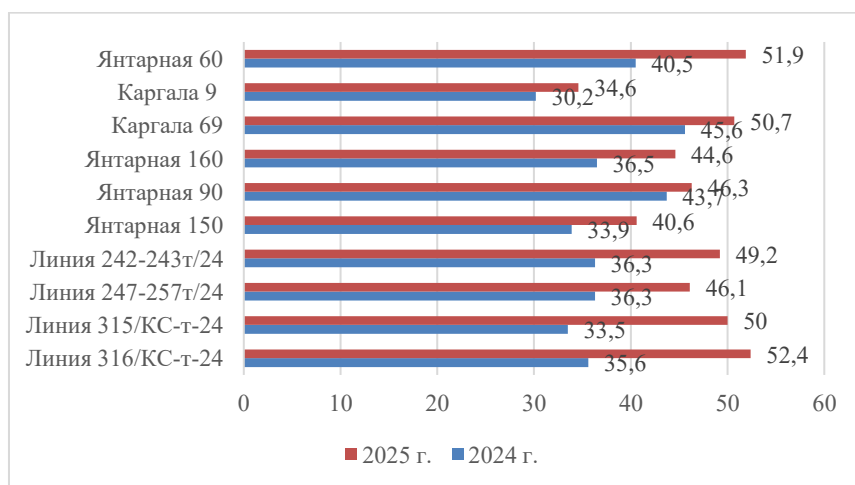


Рисунок 1 – Масса 1000 зерен, г образцов яровой твердой пшеницы

Сорта серии «Янтарная», в целом, характеризуются сочетанием стабильности и положительной динамики. Наиболее заметный рост массы 1000 зёрен зафиксирован у сорта Янтарная 60 (с 40,5 до 51,9 г), что сопровождалось увеличением натуры зерна с 807 до 822 г/л. Новый сорт Янтарная 90 (передан в ГСИ по регионам РК с 2026 г.) выделяется стабильно высокими значениями натуры зерна (824-833 г/л) при сравнительно умеренном увеличении массы 1000 зёрен. Янтарная 150 и Янтарная 160 демонстрируют устойчивый, но менее выраженный рост по обоим показателям.

Наиболее распространённый сорт актюбинской селекции Каргала 69 (допуск к использованию с 2012 г.) занимает лидирующее положение, демонстрируя рост массы 1000 зёрен с 45,6 до 50,7 г и натуры зерна с 825 до 838 г/л. В то же время первый сорт отечественной селекции для условий Западного Казахстана Каргала 9 (допуск к использованию с 2005 г.) характеризуется наиболее низкими значениями массы 1000

зёрен (30,2-34,6 г) и сравнительно невысокой натурой (762-782 г/л), что вполне объяснимо с точки зрения его уникальной скороспелости. Зачастую продолжительность вегетационного периода этого сорта не превышает 70-75 дней.

В целом результаты исследования подтверждают, что в 2025 году сложились более благоприятные условия для формирования качественного зерна. При этом наибольшую отзывчивость на улучшение условий проявили селекционные линии, тогда как сорта демонстрируют более выровненные и стабильные показатели.

Таким образом, комплексная оценка по массе 1000 зёрен и натуре зерна позволяет выделить перспективные генотипы, сочетающие высокий уровень продуктивности и качества, что имеет важное значение для дальнейшей селекционной работы и практического использования в производстве.

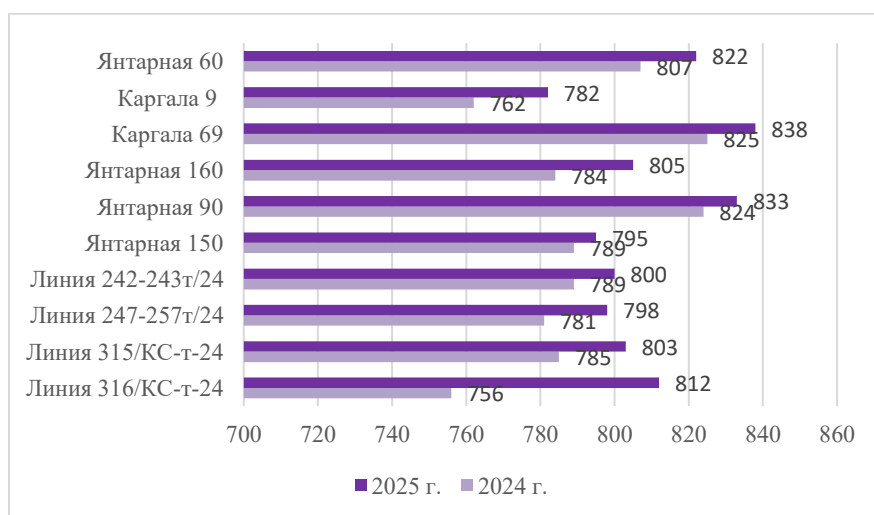


Рисунок 2 – Сравнительная оценка натуре зерна у сортов и селекционных линий в 2024-2025 гг.

Показатели стекловидности, содержания протеина и клейковины являются ключевыми характеристиками качества зерна, определяющими его технологические и хлебопекарные свойства. Их анализ позволяет не только оценить уровень качества, но и выявить реакцию сортов и селекционных линий на изменяющиеся условия выращивания.

Сравнение данных за 2024-2025 гг. свидетельствует о выраженной положительной динамике по большинству показателей. В первую очередь, это касается стекловидности зерна, которая у всех изученных образцов существенно возросла. Наиболее значительное увеличение зафиксировано у линии 242-243т/24 (с 75 до 96%) и сорта Янтарная 90 (с 58 до 98%), что указывает на формирование более плотного и высококачественного зерна в 2025 году (рисунок 3).

Селекционные линии в целом демонстрируют высокую отзывчивость. Линия 247-257т/24 увеличила стекловидность с 71 до 92%, одновременно повысив содержание протеина с 14,2 до 15,8% и клейковины с 35,3 до 37,2%. Линия 242-243т/24 также выделяется комплексным ростом всех показателей: протеин увеличился с 14,3 до 16,2%, а клейковина — с 34,2 до 39,3%. Существенные изменения отмечены и у линии 316/КС-т-24, где особенно заметен рост содержания клейковины (с 24,6 до 38,0%), несмотря на сравнительно умеренное увеличение протеина.

Сорта серии «Янтарная» характеризуются высоким уровнем качества зерна, прежде всего по содержанию белка и клейковины. Сорт Янтарная 150 демонстрирует максимальные значения протеина в оба года (17,5-19,6%), однако при этом отмечается

снижение содержания клейковины с 49,4 до 40,4%, что может быть связано с изменением структуры белкового комплекса. В то же время сорт Янтарная 90 показывает гармоничное улучшение всех показателей, достигая наивысшей стекловидности (98%) и увеличивая содержание клейковины до 41,2%.

Сорт Янтарная 60 также отличается высокими значениями: при увеличении протеина с 16,4 до 18,3% стекловидность достигает 95%, а содержание клейковины возрастает до 35,3%. Янтарная 160 демонстрирует устойчивый рост всех показателей, сохраняя баланс между качественными характеристиками.

У сорта Каргала 69 в 2025 г., в сравнении с условиями 2024 года, отмечено увеличение стекловидности с 56 до 77% и содержания клейковины с 32,5 до 36,1%, тогда как Каргала 9 демонстрирует более выраженное улучшение, особенно по стекловидности (70-88%) и протеину (15,2-16,8%).

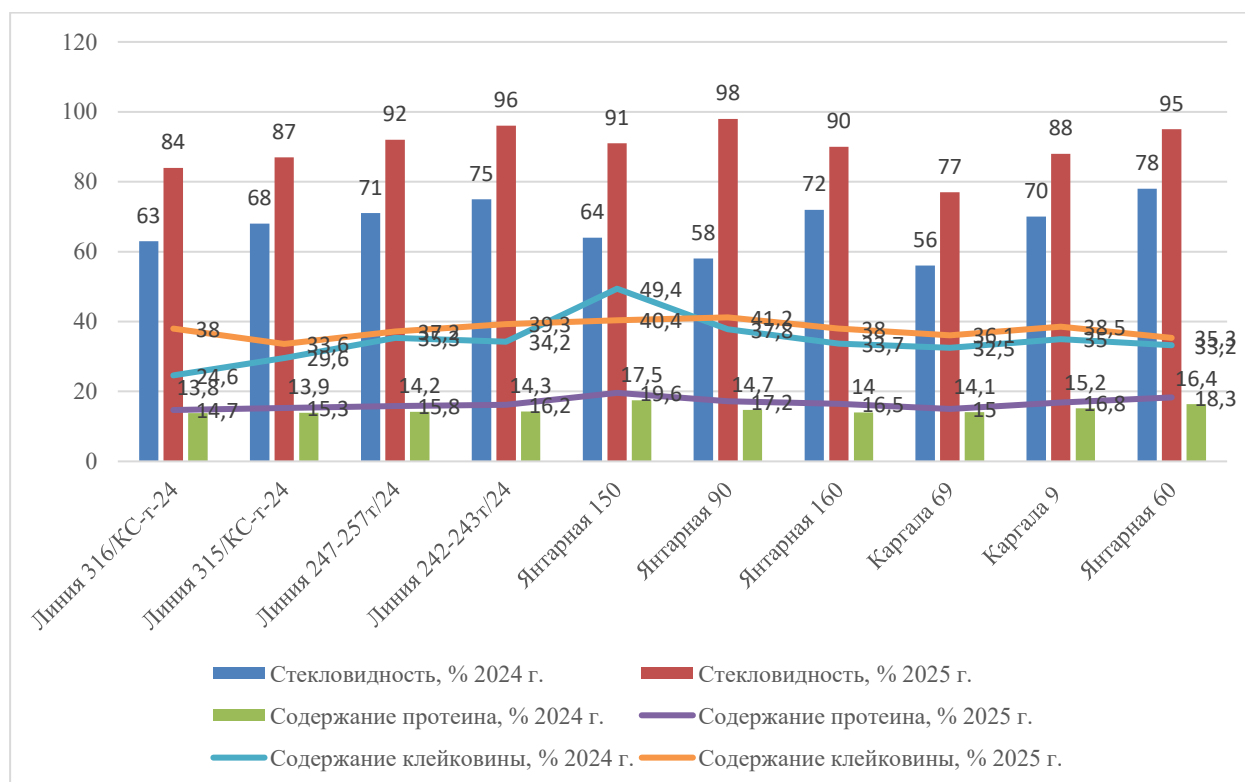


Рисунок 3 – Оценка стекловидности, содержания протеина и клейковины у сортов и селекционных линий в 2024–2025 гг.

В целом результаты исследования свидетельствуют о том, что в 2025 году сформировались более благоприятные условия для накопления белка и формирования структуры зерна, что отразилось на повышении стекловидности и улучшении качества клейковины. При этом наиболее перспективными являются генотипы, сочетающие высокий уровень протеина и клейковины с высокой стекловидностью, в частности линии 242-243т/24 и 247-257т/24, а также отдельные сорта из серии «Янтарная».

Для всесторонней и объективной характеристики сортов и селекционных линий наряду с анализом абсолютных значений показателей принципиальное значение приобретает их статистическая интерпретация. Она позволяет оценить достоверность выявленных различий, уровень вариабельности признаков, а также степень надёжности полученных экспериментальных данных.

Анализ средних величин свидетельствует о выраженной положительной динамике всех изученных показателей в 2025 году. Так, средняя масса 1000 зёрен

увеличилась с $37,2 \pm 1,42$ до $46,63 \pm 1,68$ г, натура зерна — с $790,2 \pm 6,9$ до $808,8 \pm 5,27$ г/л, стекловидность - с $67,5 \pm 2,15$ до $89,8 \pm 1,86\%$. Аналогичная тенденция прослеживается по содержанию протеина (с $14,81 \pm 0,37$ до $16,54 \pm 0,46\%$) и клейковины (с $34,53 \pm 1,9$ до $37,76 \pm 0,7\%$), что указывает на общее улучшение качественных характеристик зерна.

Статистическая значимость различий подтверждается величинами НСР₀₅. Для массы 1000 зёрен данный показатель составил 3,05 г в 2024 году и 4,2 г в 2025 году, для натуры зерна - 16,8 и 12,4 г/л, соответственно. По стекловидности значения НСР₀₅ находились в пределах 5,8-4,9%, по содержанию протеина - 0,77-1,05%, по клейковине - 3,92-2,05%. Указанные значения свидетельствуют о статистической значимости различий между изучаемыми генотипами по большинству анализируемых признаков.

Оценка коэффициента вариации (C_v) позволила установить степень изменчивости показателей в пределах выборки. В 2024 году наибольшая вариабельность отмечена по содержанию клейковины (17,4%) и массе 1000 зёрен (12,1%), тогда как натура зерна характеризовалась минимальной изменчивостью (2,76%). В 2025 году наблюдается тенденция к снижению вариабельности по большинству признаков, особенно по натуре зерна (2,06%) и стекловидности (6,6%), что указывает на более выровненные условия формирования урожая. Существенное уменьшение вариабельности по содержанию клейковины (до 5,82%) также свидетельствует о стабилизации данного показателя.

Показатели точности опыта (P , %) находятся на высоком уровне по всем признакам, что подтверждает надёжность экспериментальных данных. Наиболее высокая точность установлена для натуры зерна (0,87-0,65%) и стекловидности (3,18-2,08%). Несколько более высокие значения P отмечены для массы 1000 зёрен (3,82-3,6%) и содержания клейковины (5,51-1,84%), однако они не выходят за пределы допустимых значений для полевых исследований.

В целом совокупность статистических параметров указывает на высокую достоверность полученных результатов и позволяет корректно интерпретировать выявленные различия между сортами и селекционными линиями. Снижение вариабельности в сочетании с ростом средних значений в 2025 году подтверждает более благоприятные условия формирования зерна, обеспечившие не только повышение уровня показателей, но и их большую устойчивость.

Таким образом, проведённый статистический анализ органично дополняет оценку качества зерна и обосновывает выделение перспективных генотипов для дальнейшей селекционной работы и практического внедрения.

Заключение. Проведённые исследования позволили установить, что формирование показателей качества зерна у изученных сортов и селекционных линий определяется как их генетическими особенностями, так и условиями вегетационного периода. Сравнительный анализ данных за 2024-2025 гг. выявил устойчивую положительную динамику по всем основным признакам, включая массу 1000 зёрен, натуру, стекловидность, содержание протеина и клейковины.

Установлено, что в 2025 году сложились более благоприятные условия для формирования зерна, что способствовало не только увеличению абсолютных значений показателей, но и снижению их вариабельности. Это указывает на более полную реализацию продукционного потенциала генотипов и повышение стабильности качественных характеристик.

Наибольшую отзывчивость на улучшение условий среды продемонстрировали селекционные линии, в частности 242-243т/24, 247-257т/24 и 316/КС-т-24, которые сочетали значительный рост продуктивных показателей с улучшением качественных характеристик зерна. Среди сортов наиболее сбалансированными по комплексу признаков следует считать образцы серии «Янтарная», особенно Янтарная 90 и

Янтарная 60, отличающиеся высоким уровнем стекловидности, протеина и клейковины. Сорт Каргала 69 выделяется высокими значениями натурности зерна, что подтверждает его ценность как источника данного признака.

Результаты статистического анализа подтверждают достоверность выявленных различий и надёжность экспериментальных данных, что позволяет обоснованно использовать полученные результаты в селекционной практике.

Таким образом, комплексная оценка показателей качества зерна позволила выделить перспективные генотипы, сочетающие высокий уровень продуктивности и технологических свойств. Полученные данные могут быть использованы при дальнейшем совершенствовании селекционного процесса и внедрении высококачественных сортов в производство.

Благодарность. Представленная работа выполнена в рамках Программно-целевого финансирования Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан по бюджетной программе 267, BR24892821 «Селекция и первичное семеноводство зерновых культур для повышения потенциала продуктивности, качества и стрессоустойчивости в различных почвенно-климатических зонах Казахстана» (2024-2026 гг).

Литература:

- [1] **Кирьянов, А.А.**, Бабенко Л.М. Твердая пшеница: биология, селекция и технология возделывания. – М.: Колос, 2012. – 320 с.
- [2] **Dexter, J. E.**, Marchylo B. A. Recent trends in durum wheat milling and pasta processing // Trends in Food Science & Technology, 2001. – Vol. 12. – No. 3-4. – P. 131–140. <https://kumakursk.ru/wp-content/uploads/2020/06/bc2cbf4ed958dbdf15270b8cf5a0d36a2928.pdf>
- [3] **Жученко, А.А.** Экологическая генетика культурных растений и проблемы агро-сферы (теория и практика): монография. В двух томах. – М.: ООО «Издательство Агрорус», 2004. – Том I. – 690 с. <https://cyberleninka.ru/article/n/zhuchenko-a-a-ekologicheskaya-genetika-kulturnyh-rasteniy-i-problemy-agrosfery-teoriya-i-praktika-monografiya-v-dvuh-tomah-m-ooo>
- [4] **Сапрыкин, В.Н.**, Гончаров Н.П. Влияние условий выращивания на качество зерна твердой пшеницы // Зерновое хозяйство России, 2015. – № 2. – С. 18-22.
- [5] **Flagella, Z.**, Giuliani M.M., Giuzio L., Volpi C. and Masci, S. (2010) Influence of Water Deficit on Durum Wheat Storage Protein Composition and Technological Quality. European Journal of Agronomy, 33. – P. 197-207. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2010.05.006>
- [6] **Пухальский, В.А.** Генетические основы качества зерна пшеницы. – СПб.: ВИР, 2010. – 280 с.
- [7] **Курочкина, Л.А.**, Лысенко А.А. Оценка качества клейковины у сортов и линий яровой твердой пшеницы // Селекция и семеноводство, 2018. – № 4. – С. 45–50.
- [8] ГОСТ 54478–2011. Пшеница. Методы определения количества и качества клейковины. – М.: Стандартинформ, 2012. – 16 с.
- [9] **Dashkevich, S.M.**, Utebayev M.U., Kradetskaya O.O., Chilimova I.V., Zhylykbaev R.S., Babkenov A.T. The Genetic Potential of Spring Durum Wheat Grain Quality in the North of Kazakhstan // OnLine Journal of Biological Sciences, 2022. – Vol. 22. – P. 347-355. <https://doi.org/10.3844/ojbsci.2022.347.355>
- [10] **Utebayev, M.**, Dashkevich S., Kradetskaya O., Chilimova I., Zhylykbaev R., Zhigula T. et al. Genetic diversity of prolamin loci related to grain quality in Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.) in Kazakhstan // Life 2026, 16(1), 157, P. 1-20. <https://doi.org/10.3390/life16010157>
- [11] **Zhylykbaev, R.S.**, Zhigula T.Yu., Shpigel A.L., Pototskaya I.V. Formation of yield and grain quality of durum wheat under conditions of Northern Kazakhstan. Agrarian Bulletin of the Urals. 2025; 25 (03): 360–370. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-03-360-370>
- [12] **Крупин, П.И.**, Беспалова Л.А., Крупина А.И., Яновский А.С., Коробкова В.А.,

Ульянов Д.С., Карлов Г.И., Дивашук М.Г. (2023). Связь высокомолекулярных субъединиц глютенина с качеством зерна и макаронных изделий из яровой твердой пшеницы (*Triticum turgidum* spp. *durum* L.). *Агрономия*, 13 (6). – 1510 с. <https://doi.org/10.3390/agronomy13061510>

[13] **Al-Khayri, J. M.**, Alshegaihi R. M., Mahgoub E. I. et al. Association of High and Low Molecular Weight Glutenin Subunits with Gluten Strength in Tetraploid Durum Wheat // *Plants*. - 2023. – Vol. 12. – No. 6. – 1416. <https://doi.org/10.3390/plants12061416>

[14] **Tajibayev, D.**, Yusov V.S., Chudinov V.A. et al. Genotype by environment interactions for spring durum wheat in Kazakhstan and Russia // *Ecological Genetics and Genomics*. - 2021. -100099. <https://doi.org/10.1016/j.egg.2021.100099>

[15] **Лакин, Г.Ф.** Биометрия. – М.: Высшая школа, 1990.

[16] **Glantz, S.A.** Primer of Biostatistics. – New York: McGraw-Hill, 1999.

[17] **Sokal, R.R.**, Rohlf F.J. Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research. – New York: W.H. Freeman and Company, 2012.

References:

[1] **Kir'janov, A. A.**, Babenko L. M. Tverdaja pshenica: biologija, selekcija i tehnologija vozdevlyvanija. – М.: Kolos, 2012. – 3 20 s. [in Russian]

[2] **Dexter, J. E.**, Marchylo B. A. Recent trends in durum wheat milling and pasta processing // *Trends in Food Science & Technology*, 2001. – Vol. 12. – No. 3-4. – P. 131–140. <https://kumakursk.ru/wp-content/uploads/2020/06/bc2cbf4ed958dbdf15270b8cf5a0d36a2928.pdf>

[3] **Zhuchenko, A.A.** Jekologicheskaja genetika kul'turnyh rastenij i problemy agro-sfery (teoriya i praktika): monografiya. V dvuh tomah. – М.: ООО «Izdatel'stvo Agorus», 2004. – Tom I. – 690 s. <https://cyberleninka.ru/article/n/zhuchenko-a-a-ekologicheskaya-genetika-kulturnyh-rasteniy-i-problemy-agrosfery-teoriya-i-praktika-monografiya-v-dvuh-tomah-m-ooo> [in Russian]

[4] **Saprykin, V.N.**, Goncharov N.P. Vlianie uslovij vyrashhivaniya na kachestvo zerna tverdoj pshenicy // *Zernovoe hozjajstvo Rossii*, 2015. – № 2. – S. 18-22. [in Russian]

[5] **Flagella, Z.**, Giuliani M.M., Giuzio L., Volpi C. and Masci, S. (2010) Influence of Water Deficit on Durum Wheat Storage Protein Composition and Technological Quality. *European Journal of Agronomy*, 33. – R. 197-207. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2010.05.006>

[6] **Puhalskij, V.A.** Geneticheskie osnovy kachestva zerna pshenicy. – SPb.: VIR, 2010. – 280 s. [in Russian]

[7] **Kurochkina, L.A.**, Lysenko A.A. Ocenka kachestva klejkoviny u sortov i linij jarovoj tverdoj pshenicy // *Selekcija i semenovodstvo*, 2018. – № 4. – S. 45–50. [in Russian]

[8] GOST 54478–2011. Pshenica. Metody opredelenija kolichestva i kachestva klejkoviny. – М.: Standartinform, 2012. – 16 s. [in Russian]

[9] **Dashkevich, S.M.**, Utebayev M.U., Kradetskaya O.O., Chilimova I.V., Zhylykybaev R.S., Babkenov A.T. The Genetic Potential of Spring Durum Wheat Grain Quality in the North of Kazakhstan // *OnLine Journal of Biological Sciences*, 2022. – Vol. 22. – P. 347-355. <https://doi.org/10.3844/ojbsci.2022.347.355>

[10] **Utebayev, M.**, Dashkevich S., Kradetskaya O., Chilimova I., Zhylykybaev R., Zhigula T. et al. Genetic diversity of prolamin loci related to grain quality in Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.) in Kazakhstan // *Life* 2026, 16(1), 157, P. 1-20. <https://doi.org/10.3390/life16010157>

[11] **Zhylykybaev, R.S.**, Zhigula T.Yu., Shpigel A.L., Pototskaya I.V. Formation of yield and grain quality of durum wheat under conditions of Northern Kazakhstan. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (03): 360–370. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-03-360-370>

[12] **Krupin, P.J.**, Bepalova L.A., Krupina A.I., Janovskij A.S., Korobkova V.A., Ul'janov D.S., Karlov G.I., Divashuk M.G. (2023). Svjaz' vysokomolekuljarnyh sub#edinič gljutenina s kachestvom zerna i makaronnyh izdelij iz jarovoj tverdoj pshenicy (*Triticum turgidum* spp. *durum* L.). *Агрономия*, 13 (6). – 1510 с. <https://doi.org/10.3390/agronomy13061510> [in Russian]

[13] **Al-Khayri, J. M.**, Alshegaihi R. M., Mahgoub E. I. et al. Association of High and Low Molecular Weight Glutenin Subunits with Gluten Strength in Tetraploid Durum Wheat // *Plants*.

- 2023. – Vol. 12. – No. 6. – 1416. <https://doi.org/10.3390/plants12061416>

[14] **Tajibayev, D.**, Yusov V.S., Chudinov V.A. et al. Genotype by environment interactions for spring durum wheat in Kazakhstan and Russia // Ecological Genetics and Genomics. - 2021. -100099. <https://doi.org/10.1016/j.egg.2021.100099>

[15] **Lakin, G.F.** Biometrija. – М.: Vysshaja shkola, 1990. [in Russian]

[16] **Glantz, S.A.** Primer of Biostatistics. – New York: McGraw-Hill, 1999.

[17] **Sokal, R.R.**, Rohlf F.J. Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research. – New York: W.H. Freeman and Company, 2012.

БАТЫС ҚАЗАҚСТАН ЖАҒДАЙЫНДА ӘРТҮРЛІ ГЕНОТИПТІ ЖАЗДЫҚ ҚАТТЫ БИДАЙ ҮЛГІЛЕРІ ДӘН САПАСЫ КӨРСЕТКІШТЕРІНІҢ ӨЗГЕРГІШТІГІ

Губашева Б.Е.¹, ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты

Цыганков В.И.², ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты

Булекова А.А.¹, ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты

Цыганков А.В.², аға ғылыми қызметкер

Лиманская В.Б.³, ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты

Цыганкова М.Ю.², аға ғылыми қызметкер

*¹Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті, Орал қ.,
Қазақстан*

*²«Қазақ жылқы шаруашылығы және мал азығын өндіру ғылыми-зерттеу институты» ЖШС,
Ақтөбе қ., Қазақстан*

³«Орал ауыл шаруашылығы тәжірибе станциясы» ЖШС, Орал қ., Қазақстан

Андатпа. Мақалада Батыс Қазақстан жағдайында егістікке алынған әртүрлі генотиптерге тиесілі жаздық қатты бидай дәндерінің сапалық сипаттамаларының вариациясын кешенді талдау нәтижелері ұсынылған. Зерттеудің негізгі мақсаты – дәннің негізгі сапа көрсеткіштерін кешенді бағалау арқылы сорттар мен селекциялық сызықтардың өнімділік және технологиялық әлеуетін жан-жақты анықтау, сондай-ақ одан әрі селекция және практикалық қолдану үшін перспективалы генотиптерді бөліп көрсету.

Бағалау негізгі критерийлері ретінде 1000 дәннің массасы, дәннің натурасы, шыны тәрізділік, протеин және клейковина мөлшері қолданылды, бұл көрсеткіштер дәннің өнімділігін ғана емес, технологиялық құндылығын да сипаттауға мүмкіндік береді. Талдау 2024–2025 жылдар аралығында жиналған деректер негізінде жүргізіліп, әртүрлі агроклиматтық жағдайларда сапа көрсеткіштерін салыстыруға мүмкіндік берді. Нәтижелер 2025 жылы барлық зерттелген көрсеткіштер бойынша орташа мәндердің тұрақты өсуін көрсетті, бұл, ең алдымен, қолайлы егін қалыптасу жағдайларымен және дәннің жақсы толуымен байланысты.

Селекциялық сызықтар орта жағдайдың жақсарғанына ең сезімталдық танытып, өнімді және сапалық көрсеткіштердің айтарлықтай өсуін көрсетті. «Янтарная» тобының сорттары тұрақтылық пен протеин мен клейковина мөлшерінің жоғары деңгейімен ерекшеленсе, «Каргала» селекциясының кейбір үлгілері дәннің натурасының жоғары көрсеткішімен бөлінді. Статистикалық талдау нәтижелердің сенімділігін растады және қолайлы жылы сипаттардың вариабельділігінің төмендегенін көрсетті, бұл генотиптердің тұрақтылығының жоғары екенін дәлелдейді.

Осылайша, дәннің сапалық сипаттамаларын кешенді бағалау өнімділік пен технологиялық қасиеттердің оңтайлы үйлесіміне ие генотиптерді анықтауға мүмкіндік берді, олар селекциялық жұмыстар мен практикалық егіншілік үшін ерекше қызығушылық тудырады.

Тірек сөздер: жаздық қатты бидай, сорттар мен желілер, дән сапасы, генотиптік өзгергіштік, технологиялық қасиеттер.

VARIATION IN GRAIN QUALITY TRAITS OF SPRING DURUM WHEAT GENOTYPES IN WESTERN KAZAKHSTAN

Gubasheva B. E.¹, Candidate of Agricultural Sciences

Tsygankov V. I.², Candidate of Agricultural Sciences

Bulekova A. A.¹, Candidate of Agricultural Sciences

Tsygankov A.V.², Senior Researcher

Limanskaya V. B.³, Candidate of Agricultural Sciences

Tsygankova M. Yu.², Senior Researcher

¹West Kazakhstan Agrarian-Technical University named after Zhangir Khan, Oral, Kazakhstan

²Kazakh Research Institute of Horse Breeding and Forage Production LLP, Aktobe, Kazakhstan

³Ural Agricultural Experimental Station LLP, Uralsk, Kazakhstan

Annotation. The article presents the results of a comprehensive analysis of the variation in quality characteristics of spring durum wheat grain from different genotypes cultivated under the conditions of Western Kazakhstan. The primary objective of the study was a thorough evaluation of the productive and technological potential of varieties and breeding lines through the analysis of key grain quality indicators and the identification of the most promising genotypes for further breeding and practical application.

The main evaluation criteria included thousand-kernel weight, test weight, vitreousness, protein content, and gluten content, allowing for characterization of both productivity and technological value of the grain. The analysis was based on data collected in 2024–2025, which enabled comparison of quality indicators under varying agroclimatic conditions. The results demonstrated a consistent increase in the average values of all studied traits in 2025, likely associated with more favorable crop formation conditions, which contributed to improved grain filling and higher grain density.

Breeding lines exhibited the highest responsiveness to improved environmental conditions, showing significant increases in both productive and quality characteristics. Varieties of the “Yantarnaya” group were distinguished by stability and high protein and gluten content, while certain “Kargala” breeding samples stood out for their elevated test weight. Statistical analysis confirmed the reliability of the results and revealed a reduction in trait variability during the more favorable year, indicating enhanced stability of the genotypes.

Thus, the comprehensive assessment of grain quality allowed for the identification of genotypes with an optimal combination of productivity and technological traits, representing particular interest for breeding programs and practical cultivation under the conditions of Western Kazakhstan.

Keywords: spring durum wheat, varieties and lines, grain quality, genotypic variability, technological properties.

СЕЛЕКЦИЯ МНОГОУКОСНЫХ СОРТОВ ЛЮЦЕРНЫ ДЛЯ УСЛОВИЙ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ ТУРКЕСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Махмаджанов С.П.¹, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом
max_s1969@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5623-0591>

Абаев С.С.², кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
serikabayev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3907-7589>

Костаков А.К.¹ кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
amandik72@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0700-3998>

Асабаев Б.С.¹ младший научный сотрудник
Bahash90@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1242-521X>

Костак О.А.¹ младший научный сотрудник
Amandykuly95@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0580-509X>

Махмаджанов Д.С.¹ старший лаборант
dmakhmadzhanov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9337-1411>

¹ТОО «Сельскохозяйственная опытная станция хлопководства и бахчеводства», п. Атакент,
Мактааральский р-он, Туркестанская обл., Казахстан

²ТОО «Научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства», п. Алмалыбак,
Карасайский р-он., Алматинская обл., Казахстан

Аннотация. В статье представлены результаты многолетней селекционной работы по созданию инновационных сортов люцерны интенсивного типа, адаптированных к специфическим почвенно-климатическим условиям юга Казахстана. Исследования проводились на базе ТОО «СХОС хлопководства и бахчеводства» в Мактааральском районе Туркестанской области. Актуальность работы обусловлена дефицитом высококачественных семян кормовых культур, способных демонстрировать высокую продуктивность на фоне вторичного засоления почв и аридности климата.

В ходе экспериментов 2023-2025 гг. проведена комплексная оценка 34 коллекционных и 20 конкурсных сортообразцов. Установлено, что в условиях аномально высоких температур и дефицита осадков решающее значение имеет генетический потенциал многоукосности и темпы регенерации травостоя. В результате системного отбора идентифицирован перспективный сортообразец М-2552, который статистически достоверно превысил районированный стандарт Даму-12 по ключевым хозяйственно-ценным признакам.

Показатели урожайности сухого сена у образца М-2552 составили 252 ц/га при формировании 5-6 полноценных укосов за вегетационный период. Линия отличается высокой облиственностью (54,2%) и солеустойчивостью, что позволяет рекомендовать её для внедрения в хлопково-люцерновые севообороты региона. Семенная продуктивность отобранного материала достигла 2,8-3,0 г по массе 1000 семян, что обеспечивает возможность ускоренного размножения. В 2025 году сортообразец М-2552 был официально передан на Государственное сортоиспытание (ГСИ). Полученные результаты имеют важное практическое значение для диверсификации растениеводства и укрепления кормовой базы животноводства в аридных зонах республики.

Ключевые слова: Люцерна (*Medicago sativa* L.), селекция, засоленные почвы, урожайность, многоукосность, адаптивность, Туркестанская область, сортообразец М-2552.

Введение. В аграрном секторе Туркестанской области люцерна (*Medicago sativa* L.) традиционно занимает позицию стратегического мелиоранта и ключевого источника растительного белка. В условиях Мактааральского района, характеризующегося жестким температурным режимом и аридностью, данная культура является практически безальтернативной для восстановления плодородия сероземов в системе хлопково-люцерновых севооборотов.

Несмотря на глобальное распространение культуры (более 40 млн га в мире, включая центры генетического разнообразия в США и Австралии), отечественное производство семян сталкивается с критическим барьером: урожайность не превышает 0,7–1,0 ц/га. Это диктует необходимость перехода от экстенсивного расширения площадей к интенсивной селекции. Современный этап развития кормопроизводства в Южном Казахстане требует создания генотипов нового поколения - многоукосных сортов, способных обеспечивать выход сухого сена на уровне 250–270 ц/га при орошении на засоленных землях.

Достижение таких показателей невозможно без синергии классических методов гибридизации и современных агротехнических решений, таких как прецизионная предпосевная обработка семян физиологически активными веществами и инокулянтами. Данные приемы позволяют нивелировать стрессовое воздействие солевого фона на ранних этапах онтогенеза. В связи с этим, поиск и выведение сортов интенсивного типа, адаптированных к специфическим почвенно-климатическим условиям Мактааральского региона, является актуальной научно-практической задачей.

В глобальной структуре кормопроизводства люцерны (*Medicago*) обоснованно классифицируется как стратегическая культура, занимающая свыше 40 млн га мировых пахотных земель. Лидирующие позиции американского континента (более 11 млн га), а также селекционные успехи Австралии и стран ЕС (Италии, Франции, Венгрии), обусловлены функционированием мощных генетических центров и развитой семеноводческой инфраструктурой.

Исключительная ценность культуры заключается в высокой концентрации биодоступного протеина: по питательным параметрам зеленая масса и продукты переработки люцерны сопоставимы с концентрированными кормами. Помимо белковой составляющей, биомасса является источником эссенциальных микроэлементов и витаминных комплексов, критически важных для интенсификации животноводства. При этом, несмотря на развитие биотехнологий, классический инструментарий селекции - гибридизация и направленный отбор - сохраняет приоритетное значение. Это связано с полигенной природой хозяйственно-ценных признаков, где продуктивность и адаптивность регулируются сложными генетическими ансамблями, что делает традиционные методы наиболее надежными для создания сортов интенсивного типа.

Динамика посевных площадей люцерны в Республике Казахстан за последние десятилетия демонстрирует тенденцию к сокращению, несмотря на исторически высокие показатели: в недавнем прошлом площади под заготовку сочных и грубых кормов достигали 350-400 тыс. га, а специализированные семенные участки занимали до 40 тыс. га. Особого внимания заслуживает тот факт, что доля посевов первого года жизни традиционно составляла около 95 тыс. га, что подчеркивает интенсивность обновления клина кормовых культур.

Для адаптации аграрного сектора к современным условиям мелких и средних фермерских хозяйств учеными были предложены инновационные короткоротационные севообороты, ориентированные на поливные и богарные земли юго-востока Казахстана. Однако процесс их широкомасштабного внедрения остается инертным. Основными детерминантами медленного освоения являются дефицит влаго- и ресурсосберегающих технологических решений, износ материально-технической базы и ограниченный доступ к финансовым инструментам.

Традиционные, избыточно трудоемкие технологии возделывания люцерны в текущих экономических реалиях демонстрируют низкую рентабельность. Это формирует запрос на научное обоснование минимизации производственных затрат при проведении посевных работ. В данной связи разработка рациональных приемов

основной и предпосевной обработки почвы на орошаемых массивах региона становится критически актуальной задачей. Современная мировая практика, объединяющая усилия селекционеров Канады, Франции, Италии и Казахстана, нацелена на создание высокопродуктивных многоукосных сортов, сочетающих устойчивость к фитопатогенам с потенциалом урожайности сена выше стандартных показателей.

Согласно данным Государственного реестра селекционных достижений, допущенных к использованию в Республике Казахстан, зарегистрировано 39 сортов люцерны, из которых 8 адаптированы к условиям Туркестанской области. В данном регионе культура традиционно интегрирована в хлопково-люцерновые севообороты, выступая в роли наиболее солеустойчивого представителя кормовых бобовых на орошаемых землях.

Мелиоративная роль люцерны в условиях юга страны подтверждается резкой динамикой почвенных показателей: после распашки травостоя содержание гумуса возрастает с 0,8 % до 1,2 %. Данный эффект обусловлен накоплением значительного объема корневых и пожнивных остатков (60-90 ц/га), содержащих 160-180 кг органического азота. За трехлетний цикл вегетации в орошаемых почвах депонируется более 200 ц/га органической массы, а объем фиксированного биологического азота достигает 550-600 кг/га. При этом продуктивность по переваримому протеину за счет надземной биомассы варьирует в пределах 17-22 ц/га.

В этой связи стратегической задачей селекционных программ ТОО «СХОС хлопководства и бахчеводства» является выведение сортов люцерны интенсивного типа. Приоритет отдается созданию прямостоячих, многоукосных (5-6 укосов за сезон) генотипов, обладающих солевыносливостью и резистентностью к патогенным комплексам. В условиях станции работа базируется на классических методах селекции, включая направленную гибридизацию и многократный индивидуальный отбор по комплексу хозяйственно-ценных признаков. Сформированный на протяжении ряда лет генофонд позволяет констатировать наличие перспективного материала, способного обеспечивать высокую продуктивность в условиях среднего засоления и экстремального температурного стресса.

Для реализации поставленной цели по созданию сортов интенсивного типа (250–270 ц/га сухого сена) в ТОО «СХОС хлопководства и бахчеводства» был определен комплекс научно-исследовательских задач. В их основу лег поиск и синтетический анализ исходного материала с последующим изучением закономерностей наследования ключевых хозяйственно-биологических признаков у перспективных гибридных популяций. Процесс селекции предусматривает жесткую детерминацию лучших рекомбинантов и их последующее изучение в ряде поколений до консолидации стабильных линий, адаптированных к специфическим условиям хлоридно-сульфатного засоления.

Завершающим этапом работ является комплексная оценка отобранных образцов по параметрам адаптивности и продуктивности, а также ускоренное размножение наиболее ценных генотипов для передачи на Государственное сортоиспытание (ГСИ).

Материально-технической и биологической базой проекта служит фонд, сформированный в ходе предшествующих этапов селекции. Данный актив включает внутрисортные гибридные семьи, константные линии и индоотборные образцы, характеризующиеся синергией засухоустойчивости и солевыносливости. Особое внимание при формировании фонда уделялось иммунологической оценке - отбору форм со слабой восприимчивостью к доминирующим в регионе фитопатогенам.

Актуальность исследования обусловлена тем, что присутствующий на рынке сортовой состав не удовлетворяет растущие потребности животноводческого сектора юга Казахстана. В современных условиях дефицит качественных семян люцерны

выступает основным барьером для эффективной диверсификации хлопководства и укрупнения агроформирований. Отсутствие сортов, способных реализовать потенциал продуктивности на орошаемых засоленных массивах, тормозит внедрение научно обоснованных севооборотов в Туркестанской области.

Природно-климатическая дифференциация орошаемых зон Южного Казахстана предопределяет существенную вариативность морфобиологических признаков местных форм люцерны. Сравнительные испытания подтверждают, что продуктивное долголетие и адаптивность культуры в каждой обособленной зоне жестко коррелируют с конкретным почвенно-мелиоративным режимом. В этой связи создание отечественных конкурентоспособных сортов, адаптированных для хлопково-люцерновых севооборотов, выступает безальтернативным условием интенсификации животноводческой отрасли региона.

Возрастающая потребность в многоукосных генотипах ставит перед селекционерами задачу по поиску доноров высокой облиственности и ксероморфности. Рост эффективности хлопкового кластера и продуктивности скотоводства находится в прямой зависимости от биологического потенциала используемых сортов и их способности восстанавливать плодородие аридных почв.

Научная новизна планируемого исследования заключается в комплексном изучении адаптивного потенциала люцерны в специфических условиях Мактааральского района (средняя степень засоления, залегание грунтовых вод на уровне 1,5-2,5 м). Впервые будут идентифицированы линии, способные реализовать генетический потенциал продуктивности в объеме 250-270 ц/га сухого сена и 800-900 ц/га зеленой массы при условии формирования 5-6 полноценных укосов за вегетацию. Практическая ценность работы также подтверждается целевым выходом высококачественных элитных семян на уровне 2,5-3,0 ц/га, что является критически важным показателем для самообеспечения региона посевным материалом.

Онтогенетическое развитие люцерны характеризуется специфической динамикой: по мере смены фаз вегетации наблюдается закономерное снижение концентрации ценных химических компонентов на фоне поступательного наращивания объемов сухого вещества с единицы площади [1-3]. В этой связи критически важным для агропроизводства Южного Казахстана является определение детерминированных сроков скашивания, позволяющих достичь баланса между валовым сбором биомассы и ее питательной ценностью.

Приоритетность многолетних бобовых в структуре силосно-сенажных заготовок обусловлена их низкой себестоимостью и превосходством по аминокислотному составу над другими кормовыми культурами [4]. Качественные характеристики люцернового корма в значительной степени лимитируются не линейным ростом стебля, а морфологической структурой урожая – соотношением листового аппарата, генеративных органов и стеблевой фракции. Максимальная плотность питательных веществ локализована в листьях и соцветиях [5]. Данный факт подтверждается разработками в области технологий фракционирования вегетативной массы (в частности, метод М.А. Паюсова), которые позволяют искусственно снижать уровень клетчатки в корме, приближая его по протеиновому эквиваленту к концентратам животного происхождения.

В минеральном питании люцерны на орошаемых массивах Туркестанской области доминирующую роль играет фосфор, дефицит которого наиболее остро проявляется на ранних этапах – от всходов до фазы бутонизации. Что касается азотного питания, то в условиях интенсивного орошения биологическая потребность культуры покрывается за счет симбиотической азотфиксации на 70-72%. Оставшаяся доля (не более 30%) компенсируется почвенными ресурсами и внесением минеральных туков

[6]

Биологический потенциал бобовых фитоценозов детерминирован способностью к симбиотической ассимиляции атмосферного азота, что не только пролонгирует продуктивное долголетие травостоя, но и выступает фактором реституции почвенного плодородия. Превентивная инокуляция семенного материала активными штаммами клубеньковых бактерий обеспечивает раннюю колонизацию корневой системы, оптимизируя азотный баланс растений на критических этапах онтогенеза [7-10].

Максимальный синергетический эффект в накоплении биомассы достигается при оптимизации фосфорно-калийного питания в сочетании с микроэлементами - молибденом и бором, которые являются кофакторами ферментативных процессов азотфиксации [11]. В ходе реализации программы селекции в условиях ТОО «СХОС хлопководства и бахчеводства» была проведена комплексная оценка гибридного материала по параметрам адаптивности к эдафическим стрессам Мактааральского региона. Установлено, что критическим фактором достижения целевой продуктивности (250–270 ц/га сухого сена) является сочетание генетически детерминированной многоукосности и темпов регенерации травостоя после отчуждения биомассы [12].

Анализ структуры урожая показал, что перспективные селекционные линии характеризуются оптимальным индексом облиственности (до 48-52%), что напрямую коррелирует с концентрацией протеина в сухом веществе. Согласно полученным данным, в условиях среднего засоления почв и орошения наиболее стабильные результаты продемонстрировали образцы среднеазиатского экотипа, способные формировать полноценный пятый и шестой укосы в период экстремально высоких температур июля-августа [13]. Это подтверждает тезис о том, что селекция на жаростойкость должна базироваться на вовлечении в гибридизацию форм с высокой энергией фотосинтеза и транспирационной выносливостью [14].

Параллельно проводилось изучение влияния минеральных фонов на семенную продуктивность. Применение локального внесения фосфорных удобрений в сочетании с инокуляцией обеспечило выход элитных семян на уровне 2,8-3,0 ц/га, что на 15-18% выше показателей стандартных сортов [15]. Внедрение данных линий в хлопково-люцерновые севообороты Туркестанской области позволит не только стабилизировать кормовую базу, но и существенно пролонгировать мелиоративный эффект за счет интенсивного накопления корневых остатков в пахотном горизонте [16].

Материалы и методы исследования. Экспериментальная часть работы выполнялась на базе опытного стационара ТОО «СХОС хлопководства и бахчеводства» (Мактааральский район, Туркестанская область). Методология исследования базировалась на принципах полевого испытания и направленного отбора генотипов, адаптированных к специфическим эдафическим условиям региона: среднему уровню засоления почвенного профиля и близкому залеганию минерализованных грунтовых вод (1,5-2,0 м). Программа фенологических наблюдений, фиксация этапов органогенеза и морфобиологические учеты проводились в строгом соответствии со специализированными алгоритмами, изложенными в фундаментальной работе Г.Т. Мейрмана и Р.С. Масонич-Шотуновой [17]. В частности, детальный анализ признаков продуктивности и структуры урожая осуществлялся согласно регламентам, описанным в профильных главах данного руководства.

Для определения соответствия разрабатываемых линий критериям патентоспособности и хозяйственной полезности использовались стандартные протоколы «Методики государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» [18]. Общая схема и техника закладки полевых опытов соответствовали общепринятым принципам научного агрономического поиска [19].

С целью подтверждения достоверности полученных экспериментальных данных

и оценки существенности различий между вариантами применялся метод дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [20]. Математическая обработка результатов выполнялась с использованием специализированного программного обеспечения, что позволило объективно интерпретировать потенциал новых сортов в условиях орошаемой зоны юга Казахстана.

Почвенный покров опытного массива представлен светлыми сероземами среднесуглинистого механического состава. Согласно агрохимическому анализу, данные почвы характеризуются низким содержанием гумуса (в слое 0–20 см показатели варьируют в пределах 0,82–0,85%), высокой карбонатностью и ограниченной емкостью поглощения. При этом микроструктура почвы обеспечивает благоприятную водопроницаемость и порозность при умеренной связности. Обеспеченность подвижными формами фосфора оценивается как средняя (12,0–22,0 мг/кг), калия - повышенная (145,0–250,0 мг/кг).

Динамика залегания грунтовых вод в годы исследований имела ярко выраженный сезонный характер. Пик подъема (до 106,6–112,6 см) зафиксирован в апреле-мае, что обусловлено режимом орошения и весенними осадками. В период июль-сентябрь наблюдалось существенное понижение уровня (с 172,3 до 275,0 см), что было детерминировано дефицитом атмосферной влаги и интенсивной транспирацией в условиях засушливого года.

Метеорологические параметры вегетационного периода 2023–2025 гг. отличались аномальным температурным фоном. Среднесуточная температура воздуха за 9 месяцев составила 20,7°C, что превышает среднегодовую норму на 4,5°C. Наиболее критические температурные аномалии наблюдались в январе (+6,15 °C к норме), марте (+4,85 °C) и июле (+5,05 °C), где абсолютные значения достигали 32,05 °C. Параллельно с термическим стрессом зафиксирован существенный дефицит осадков: фактически выпало 154,5 мм влаги, что на 49,4 мм меньше климатической нормы. Распределение осадков было неравномерным: основной объем пришелся на период январь-май (от 12,4 до 46,0 мм ежемесячно), в то время как летние месяцы характеризовались глубокой атмосферной засухой, что создавало экстремальные условия для формирования 5–6 укосов люцерны.

Результаты и обсуждение. Оценка исходного материала в коллекционном питомнике. Морфометрический анализ выявил, что максимальная высота растений зафиксирована у образцов L3 (94,6 см) и М-2555 (94,2 см), однако прямая корреляция между высотой стебля и выходом сухого сена прослеживалась не у всех генотипов. Так, образец М-2577, имея сравнительно небольшую высоту (81,4 см), сформировал рекордный урожай сухой массы, что указывает на высокую плотность травостоя и интенсивность накопления органического вещества.

Динамика вегетационного периода при целевом использовании на сено демонстрировала закономерное сокращение межкосных интервалов по мере нарастания суммы активных температур: от 47 суток (1-й укос) до 35–37 суток (4-й и 5-й укосы). Данный факт подтверждает высокую интенсивность регенерации изучаемого материала в условиях орошения (рис.1,2).

По интегральному показателю продуктивности выделен кластер из трех перспективных образцов – М-2570, М-2577 и М-2588 (Таблица 1). Урожайность зеленой массы у данных линий варьировала в пределах 1275–1334 ц/га, а выход сухого сена достиг 245–314 ц/га, что составляет 109,5–112,9% к контролю. Важно отметить, что, несмотря на общее превосходство большинства образцов по сырой биомассе, достоверное превышение стандарта по сухому веществу за 5 укосов показали лишь 50% коллекции (17 из 34 образцов), что подчеркивает значимость отбора на компактность тканей и выход сухого остатка.

Таблица 1 – Хозяйственно-биологические показатели в коллекционном питомнике учет 2023-2025 гг.

№ п/п	Сорт	Облиственность, %	Средняя высота, см	Сумма Урожайность зеленой массы, ц/га За 5 укосов	В % к ст.	Сумма Урожайность сухой массы, ц/га за 5 укосов	В % к ст.	Масса 1000 штук семян г	Индивидуальные отборы семян, г
1	Даму-12-St.	47,4	85,8	1184	100,0	232	100,0	2,6	9,8
2	М-2502	48,4	85,2	1176	99,3	230	99,1	2,6	9,7
3	М-2509	43,6	83,6	1272	107,4	238	102,6	2,6	10,6
4	М-2511	45,6	87,2	1261	106,5	238	102,6	2,5	10,1
5	М-2516	51,8	82,8	1279	108,0	236	101,7	2,6	10,6
6	М-2517	49,0	82,6	1284	108,4	221	95,3	2,4	10,9
7	М-2519	49,0	90,2	1252	105,7	231	99,6	2,4	10,3
8	М-2520	46,2	91,0	1204	101,7	246	106,0	2,4	9,8
9	М-2524	46,2	80,2	1286	108,6	237	102,2	2,3	2,2
10	М-2525	44,2	85,0	1283	108,4	238	102,6	2,6	2,0
11	М-2532	45,8	79,0	1305	110,2	246	106,0	2,4	2,7
12	М-2533	49,6	89,6	1324	111,8	223	96,1	2,3	2,1
13	М-2542	47,6	88,2	1169	98,7	214	92,2	2,4	2,1
14	М-2546	48,8	83,4	1248	105,4	230	99,1	2,3	12,1
15	М-2547	47,4	83,8	1259	106,3	231	99,6	2,5	10,9
16	М-2555	50,4	94,2	1209	102,1	249	107,3	2,3	9,8
17	М-2566	47,8	80,4	1173	99,1	246	106,0	2,4	8,5
18	М-2570	48,8	90,8	1306	110,3	254	109,5	2,7	10,1
19	М-2571	48,2	85,0	1300	109,8	202	87,1	2,5	10,3
20	М-2577	49,4	81,4	1275	107,7	262	112,9	2,5	9,7
21	М-2587	48,2	81,4	1333	112,6	255	109,9	2,5	10,7
22	М-2588	51,4	84,8	1334	112,7	256	110,3	2,6	10,4
23	L2	48,6	83,6	1258	106,3	246	106,0	2,5	10,5
24	L3	47,6	94,6	1209	102,1	248	106,9	2,3	10,2
25	L4	48,6	94,4	1258	106,3	246	106,0	2,5	10,1
26	ОН-2020	47,4	82,6	1209	102,1	241	103,9	2,3	10,4
27	Көксарай	51,8	79,8	1300	109,8	237	102,2	2,4	9,9
28	М-2586	46,8	94,6	1272	107,4	206	88,8	2,4	8,7
29	М-2500	46,8	84,0	1250	105,6	221	95,3	2,4	9,7
30	М-2501	47,2	81,2	1247	105,3	217	93,5	2,3	10,1
31	М-1969	50,4	79,8	1121	94,7	208	89,7	2,3	11,3
32	М-2522	47,4	83,2	1256	106,1	216	93,1	2,3	12,0
33	М-2561	43,6	84,8	1258	106,3	219	94,4	2,3	10,9
34	М-2551	45,6	87,2	1261	106,5	223	96,1	2,5	10,1
35	М-2529	49,0	90,2	1252	105,7	216	93,1	2,4	10,3
								85,3	289,2
									НСР _{0,5} =2,1ц



Рисунок 1 – Отрастание люцерны



Рисунок 2 – Укос люцерны

Качественный анализ структуры травостоя выявил 11 линий с повышенной облиственностью (50,4–51,8%), что на 3,0–9,3% выше показателей сорта Даму-12. Образцы М-2516, М-2555 и М-2588 представляют особый интерес для селекции на высокобелковость. Показатели массы 1000 семян оставались относительно стабильными (2,3–2,7 г), что на фоне жестких гидротермических условий года подтверждает генетическую устойчивость отобранного материала. Линии М-2570 и М-2509, выделившиеся по выходу семян от индивидуальных отборов, рекомендованы для дальнейшего размножения и передачи в конкурсное сортоиспытание.

Конкурсное сортоиспытание: оценка адаптивности и продуктивности

Завершающий этап селекционного цикла включал комплексную оценку 20 перспективных образцов в конкурсном питомнике (Таблица 2). Сравнительный анализ проводился на фоне стандарта Даму-12, адаптированного к почвенно-климатическим стрессам Туркестанской области. Агротехнический регламент испытаний был полностью идентичен селекционным этапам, что позволило объективно оценить генетически обусловленный потенциал линий.

Таблица 2 – Хозяйственно-биологические показатели в конкурсном сортоиспытании, учет 2023-2025 гг.

№ п/п	Сорто-образцы	Облист-вен-ность, %	Сред-няя высота, см	Сумма Урожай зеленой массы, ц/га за 5 укосов	В % к ст.	Сумма Урожай сухой массы, ц/га за 5 укосов	В % к ст.	Масса 1000 штук семян, г	Индивидуальные отборы семян, г
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Даму-12-St.	49,4	86,2	1246	100,0	205	100,0	2,7	14,1
2	М-2572	44,6	99,2	1345	107,9	231	112,7	2,7	14,2
3	М-2584	48,2	96,8	1258	101,0	230	112,2	2,8	14,1
4	М-2518	47,8	84,2	1204	96,6	218	106,3	3,0	14,3
5	М-2533	49,2	89,2	1335	107,1	206	100,5	2,7	14,1
6	М-2532	44,4	79,4	1309	105,1	231	112,7	2,5	14
7	М-2501	45,8	86,8	1170	93,9	206	100,5	2,4	14
8	М-2568	48,6	84,8	1150	92,3	220	107,3	2,5	14
9	М-2566	46,2	79,4	1173	94,1	232	113,2	2,5	13,9
10	М-2537	47,8	95,4	1256	100,8	236	115,1	2,3	14,2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	М-2513	44,8	81,6	1383	111,0	221	107,8	2,5	14,1
12	М-2522	50,0	82,2	1197	96,1	226	110,2	2,4	14,3
13	М-2579	50,6	84,6	1382	110,9	228	111,2	2,4	13,9
14	М-2552	47,2	94,2	1089	87,4	252	122,9	2,6	1600,0
15	М-2582	46,2	91,2	1292	103,7	233	113,7	2,7	14,2
16	М-2581	49,4	93,6	1269	101,8	232	113,2	2,6	14,3
17	М-2587	46,8	80,4	1318	105,8	221	107,8	2,7	14,4
18	М-2553	51,2	88,8	1162	93,3	206	100,5	2,7	14,1
19	М-2547	50,4	93,6	1240	99,5	211	102,9	3,0	14
20	М-2545	54,2	94,6	1074	86,2	248	121,0	2,7	13,9
21	М-2539	52,4	97,6	1168	93,7	198	96,6	2,5	14
									1866,0
									НСП-1,9ц

Оценка перезимовки показала высокий уровень адаптивности изучаемого материала: сохранность растений на 1 м² после выхода из состояния покоя варьировала в пределах 85-95%. Важным биометрическим показателем стала интенсивность кущения. У 75% изучаемых образцов (15 из 20) зафиксирована высокая кустистость (62-65 стеблей на куст), что предопределяет способность формировать плотный травостой даже в условиях вторичного засоления.

Анализ хозяйственно-биологических параметров выявил существенную дифференциацию генотипов по признакам качества и продуктивности. В частности, 6 линий статистически достоверно превысили стандарт по облиственности, достигнув показателей 50,0–54,2%. Максимальная облиственность зафиксирована у образца М-2545, что в сочетании с высотой стебля 94,6 см характеризует его как ценный источник высокобелкового корма.

Динамика межуковых интервалов (30-40 суток) подтвердила высокую интенсивность отрастания большинства номеров. Лидером испытаний по комплексу признаков признан образец М-2552, который сочетал рекордный выход сухого сена (252 ц/га) с высокой высотой растений (94,2 см). Данный генотип превзошел стандарт на 22,9%, что послужило основанием для его отбора и официальной передачи в 2025 году на Государственное сортоиспытание (ГСИ).

Семенная продуктивность отобранных образцов также продемонстрировала положительную динамику. Три линии (включая М-2552 и М-2547) сформировали более крупные семена (масса 1000 шт. – 2,8-3,0 г), превысив контроль на 3,7-11,1%. Общий объем индотборного материала, полученного по сорту-лидеру М-2552, составил 1600 г, что обеспечивает достаточный страховой фонд для дальнейшего размножения и производственного внедрения.

Заключение. Проведенные комплексные исследования в условиях орошаемых засоленных почв Мактааральского района позволили идентифицировать наиболее адаптивные и высокопродуктивные генотипы люцерны интенсивного типа.

По результатам оценки коллекционного питомника выделен перспективный кластер из трех образцов (М-2570, М-2577, М-2588), обеспечивших выход сухого сена на уровне 245-314 ц/га, что превышает показатели стандарта Даму-12 на 9,5-12,9%. Установлено, что данные линии обладают повышенным индексом облиственности (до 51,8%), что гарантирует высокую питательную ценность корма в условиях температурного стресса.

В ходе конкурсного сортоиспытания подтверждена высокая зимостойкость (85–95%) и интенсивная энергия кущения изучаемого материала. Лидирующие позиции по совокупности хозяйственно-ценных признаков занял образец М-2552,

продemonстрировавший максимальную урожайность сухого вещества (252 ц/га) и оптимальные параметры семенной продуктивности (масса 1000 семян -2,6 г, превышение над контролем – 22,9%).

На основании полученных данных, обладающий комплексом признаков скороспелости, солевыносливости и многоукосности (5–6 укосов), сортообразец М-2552 был отобран и передан на Государственное сортоиспытание в 2025 году. Полученные результаты позволяют рекомендовать использование данного селекционного материала для диверсификации кормопроизводства и повышения рентабельности хлопково-люцерновых севооборотов на юге Казахстана.

Финансирование. Статья выполнена в рамках бюджетной программы 267 Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан, НИР по теме ИРН BR22884393 «Создание конкурентоспособных сортов и гибридов кормовых культур для различных агроклиматических зон Казахстана и разработка сортовой технологии», 2024-2026 гг. Авторы выражают благодарность сотрудникам отдела трансферта и адаптации сортов сельскохозяйственных культур оказавших содействие в выполнении представленных исследований.

Литературы:

[1] **Мейрман, Г.Т.** Селекция люцерны в условиях орошения. // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана, 2023. – № 2. – С. 15-24. <https://doi.org/10.52081/bkshn.2023.v66.i2.002>

[2] **Кидин, В.В.** Особенности питания и удобрения бобовых культур. // Агрохимия и почвоведение, 2024. – № 1. – С. 112-125. <https://doi.org/10.31034/0002182220240109>

[3] **Доспехов, Б.А.** Методика полевого опыта. – М.: Альянс, 2011. – 352 с. ISBN: 978-5-903034-96-3.

[4] **Мейрман, Г.Т., Масонич-Шотунова, Р.С.** Селекция и семеноводство люцерны. – Алматы: Кайнар, 2010. – 384 с.

[5] **Гулянов, Ю.А.** Мониторинг состояния и обоснование приемов повышения продуктивности полевых агроценозов. // Таврический вестник аграрной науки. 2024. – № 4(40). – С. 52-67. <https://doi.org/10.33952/2542-0720-2024-4-40-52-67>

[6] **Омбаев, А.М.** Развитие кормовой базы на юге Казахстана. // Вестник науки КАТУ им. С. Сейфуллина, 2025. – № 1. – С. 88-96. DOI: <https://doi.org/10.51452/kazatu.2025.1.1422>

[7] **Сагалбеков, У.М.** Селекция многолетних трав на устойчивость к стрессовым факторам. // Аграрная наука, 2023. – № 5. – С. 40-49. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-370-5-40-49>

[8] **Bouton, J.H.** Genetic potential of alfalfa in arid conditions. // Crop Science Journal, 2022. – № 62. – С. 210-222. <https://doi.org/10.1002/csc2.20741>

[9] **Паюсов, М.А.** Технологии фракционирования растительного белка. – М.: Колос, 2019. – 156 с.

[10] **Григорьев, М.С.** Оптимизация режимов орошения на засоленных землях. // Почвоведение, 2024. – № 3. – С. 34-45. <https://doi.org/10.31857/S0032180X2403004X>

[11] **Жаплинова, Г.Т.** Биологическая ценность новых сортов люцерны Туркестанской области // Исследования, результаты. – 2023. – № 4. – С. 120-128. – <https://doi.org/10.37943/AITU.2023.-94.34.011>

[12] **Методика** государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск 2. – М.: Колос, 1989. – 194 с.

[13] **Методические** указания по изучению коллекции многолетних кормовых трав. – Л.: ВИР, 1985. – 48 с.

[14] **Ержебаева, Р.С.** Генетические ресурсы кормовых культур Казахстана // Биотехнология и селекция. – 2024. – № 2. – С. 15-22. <https://doi.org/10.52081/bk.2024.v2.i1.004>

[15] **Абаев, Ю.Б.** Водосберегающие технологии в хлопково-люцерновых севооборотах // Агропромышленный комплекс. – 2023. – № 6. – С. 55-63. <https://doi.org/10.32014/2023.apk.2224-526X.65>

[16] Государственный реестр селекционных достижений Республики Казахстан. – Алматы, 2024. – 210 с.

[17] **Тохетова, Л.А.,** Ибадуллаева С.Ж. Особенности возделывания и семеноводства люцерны в южном регионе Казахстана // Вестник Кызылординского университета имени Коркыт Ата. – 2021. – № 1 (56). – С. 45-52. <https://doi.org/10.52081/bkaku.2021.v56.i1.045>

[18] **Annicchiario, P.** Breeding for forage quality and yield // Grassland Science. – 2023. – № 71. – С. 305-318. <https://doi.org/10.1111/gfs.12644>

[19] **Токтарбекова, С.Т.** Оценка солеустойчивости бобовых трав // Сельское хозяйство Казахстана. – 2024. – № 1. – С. 42-49.

[20] **Ismail, A.M.** Mechanisms of salinity tolerance in legumes // Journal of Experimental Botany. – 2024. – № 75. – С. 550-565. <https://doi.org/10.1093/jxb/erad412>.

References:

[1] **Mejрман, G.T.** Selekcija ljucerny v uslovijah oroshenija. // Vestnik sel'skhozajst-vennoj nauki Kazahstana, 2023. – № 2. – С. 15-24. <https://doi.org/10.52081/bkshn.2023.v66.i2.002> [in Russian]

[2] **Kidin, V.V.** Osobennosti pitaniya i udobreniya bobovyh kul'tur. // Agrohimija i pochvovedenie, 2024. – № 1. – С. 112-125. <https://doi.org/10.31034/0002182220240109> [in Russian]

[3] **Dospehov, B.A.** Metodika polevogo opyta. – M.: Al'jans, 2011. – 352 s. ISBN: 978-5-903034-96-3 [in Russian]

[4] **Mejрман, G.T.,** Masonichich-Shotunova, R.S. Selekcija i semenovodstvo ljucerny. – Almaty: Kajnar, 2010. – 384 s. [in Russian]

[5] **Guljanov, Ju.A.** Monitoring sostojanija i obosnovanie priemov povyshenija produktivnosti polevyh agrocenozov. // Tavricheskij vestnik agrarnoj nauki. 2024. – № 4(40). – С. 52-67. <https://doi.org/10.33952/2542-0720-2024-4-40-52-67> [in Russian]

[6] **Ombaev, A.M.** Razvitie kormovoj bazy na juche Kazahstana. // Vestnik nauki KATU im. S. Sejfullina, 2025. – № 1. – С. 88-96. DOI: <https://doi.org/10.51452/kazatu.2025.1.1422> [in Russian]

[7] **Sagalbekov, U.M.** Selekcija mnogoletnih trav na ustojchivost' k stressovym faktoram. // Agrarnaja nauka, 2023. – № 5. – С. 40-49. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-370-5-40-49> [in Russian]

[8] **Bouton, J.H.** Genetic potential of alfalfa in arid conditions. // Crop Science Journal, 2022. – № 62. – С. 210-222. <https://doi.org/10.1002/csc2.20741>

[9] **Pajusov, M.A.** Tehnologii frakcionirovaniya rastitel'nogo belka. – M.: Kolos, 2019. – 156 s.

[10] **Grigorov, M.S.** Optimizacija rezhimov oroshenija na zasolennyh zemljah. // Pochvovedenie, 2024. – № 3. – С. 34-45. <https://doi.org/10.31857/S0032180X2403004X> [in Russian]

[11] **Zhaplinova, G.T.** Biologicheskaja cennost' novyh sortov ljucerny Turkestanskoy oblasti // Issledovanie, rezul'taty. – 2023. – № 4. – С. 120-128. –<https://doi.org/10.37943/AITU.2023.-94.34.011> [in Russian]

[12] Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skhozajstvennyh kul'tur. Vypusk 2. – M.: Kolos, 1989. – 194 s. [in Russian]

[13] Metodicheskie ukazaniya po izucheniju kollekcii mnogoletnih kormovyh trav. – L.: VIR, 1985. – 48 s. [in Russian]

[14] **Erzhebaeva, R.S.** Geneticheskie resursy kormovyh kul'tur Kazahstana // Biotehnologija i selekcija. – 2024. – № 2. – С. 15-22. <https://doi.org/10.52081/bk.2024.v2.i1.004> [in Russian]

[15] **Abaev, Ju.B.** Vodosberegajushhie tehnologii v hlopkovo-ljucernovyh sevooborotah // Agropromyshlennyj kompleks. – 2023. – № 6. – С. 55-63. <https://doi.org/10.32014/2023.apk.2224-526X.65> [in Russian]

[16] Gosudarstvennyj reestr selekcionnyh dostizhenij Respubliki Kazahstan. – Almaty, 2024. – 210 s. [in Russian]

[17] **Tohetova, L.A.,** Ibadullaeva S.Zh. Osobennosti vozdeljvaniya i semenovodstva ljucerny

v juzhnom regione Kazahstana // Vestnik Kyzylordinskogo universiteta imeni Korkyt Ata. – 2021. – № 1 (56). – S. 45-52. <https://doi.org/10.52081/bkaku.2021.v56.i1.045> [in Russian]

[18] Annicchiarico, P. Breeding for forage quality and yield // Grassland Science. – 2023. – № 71. – S. 305-318. <https://doi.org/10.1111/gfs.12644>

[19] Toktarbekova, S.T. Ocenka soleustojchivosti bobovyh trav // Sel'skoe hozjajstvo Kazahstana. – 2024. – № 1. – S. 42-49. [in Russian]

[20] Ismail, A.M. Mechanisms of salinity tolerance in legumes // Journal of Experimental Botany. – 2024. – № 75. – S. 550-565. <https://doi.org/10.1093/jxb/erad412>

ТҮРКІСТАН ОБЛЫСЫНЫҢ СОРТАҢ ТОПЫРАҚТАРЫ ЖАҒДАЙЫНА АРНАЛҒАН ЖОҢЫШҚАНЫҢ КӨП ОРЫЛЫМДЫ СОРТТАРЫНЫҢ СЕЛЕКЦИЯСЫ

Махмаджанов С.П.¹, ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, бөлім меңгерушісі

Абаев С.С.², ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, аға ғылыми қызметкер

Костаков А.К.¹, ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, аға ғылыми қызметкер

Асабаев Б.С.¹, кіші ғылыми қызметкер

Костак О.А.¹, кіші ғылыми қызметкер

Махмаджанов Д.С.¹, аға лаборант

¹«Мақта және бақша шаруашылығы тәжірибе станциясы» ЖШС, Атакент кенті,
Мақтаарал ауданы, Түркістан облысы, Қазақстан

²«Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты» ЖШС,
Алмалыбақ кенті, Қарасай ауданы, Алматы облысы, Қазақстан

Андатпа. Мақалада Қазақстанның оңтүстік өңірінің өзіндік топырақ-климаттық жағдайларына бейімделген жоңышқаның қарқынды типті инновациялық сорттарын жасау бойынша көпжылдық селекциялық жұмыстардың нәтижелері баяндалған. Зерттеулер Түркістан облысы Мақтаарал ауданындағы «Мақта және бақша шаруашылығы тәжірибе станциясы» ЖШС базасында орындалды. Жұмыстың өзектілігі топырақтың қайталама сортаңдануы мен климаттың аридтілігі жағдайында жоғары өнімділікке ие мал азықтық дақылдардың сапалы тұқымдарына деген тапшылықпен негізделді.

2023–2025 жылдардағы тәжірибелер барысында 34 коллекциялық және 20 конкурстық сорт үлгілеріне кешенді бағалау жүргізілді. Аномальды жоғары температура мен жауын-шашын тапшылығы жағдайында көп орылымдылықтың генетикалық әлеуеті мен шөптесін өсімдіктердің қайта қалпына келу (регенерация) қарқыны шешуші маңызға ие екендігі анықталды. Жүйелі іріктеу нәтижесінде шаруашылық-биологиялық белгілері бойынша аудандастырылған «Даму-12» стандартынан айтарлықтай асып түскен перспективалы М-2552 сорт үлгісі сәйкестендірілді.

М-2552 үлгісінің құрғақ шөп өнімділігі вегетациялық кезеңде 5–6 толық орылым қалыптастыру барысында 252 ц/га құрады. Бұл желі жоғары жапырақтануымен (54,2%) және тұзға төзімділігімен ерекшеленеді, бұл оны аймақтың мақта-жоңышқа ауыспалы егістер жүйесіне енгізуге мүмкіндік береді. Іріктелген материалдың 1000 тұқым массасы 2,8–3,0 грамға жетті, бұл дақылды жеделдетіп көбейтуге септігін тигізеді. 2025 жылы М-2552 сорт үлгісі Мемлекеттік сорт сынауға (МСС) ресми түрде тапсырылды. Алынған нәтижелер республиканың аридті аймақтарында өсімдік шаруашылығын әртараптандыру және мал шаруашылығының азықтық базасын нығайту үшін маңызды практикалық мәнге ие.

Тірек сөздер: жоңышқа (*Medicago sativa* L.), селекция, сортаң топырақтар, өнімділік, көп орылымдылық, адаптивтілік, Түркістан облысы, М-2552 сорт үлгісі.

BREEDING OF MULTI-CUT ALFALFA VARIETIES FOR SALINE SOIL CONDITIONS OF THE TURKESTAN REGION

Makhmadzhanov S.P.¹, Candidate of Agricultural Sciences, Head of Department

Abayev S.S.², Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher

Kostakov A.K.¹, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher

Asabayev B.S.¹, Junior Researcher

Kostak O.A.¹, Junior Researcher

Makhmadzhanov D.S.¹, Senior Assistant Researcher

¹*"Agricultural Experimental Station of Cotton and Melon Growing" LLP, Atakent, Maktaaral district, Turkestan region, Kazakhstan*

²*"Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing" LLP, Almalybak, Karasay district, Almaty region, Kazakhstan*

Annotation. The article presents the results of long-term breeding work to create innovative intensive alfalfa varieties adapted to the specific soil and climatic conditions of southern Kazakhstan. The research was conducted at the "Experimental Station of Cotton and Melon Growing" LLP in the Maktaaral district of the Turkestan region. The relevance of the work is due to the shortage of high-quality seeds of forage crops capable of demonstrating high productivity against the background of secondary soil salinization and climate aridity.

During the experiments of 2023–2025, a comprehensive assessment of 34 collection and 20 competitive varieties was carried out. It was found that under conditions of abnormally high temperatures and precipitation deficit, the genetic potential of multi-cut capability and the regeneration rate of the herbage are of decisive importance. As a result of systematic selection, a promising variety sample M-2552 was identified, which statistically significantly exceeded the regionalized standard Damu-12 in terms of key economic and biological traits.

The dry hay yield indicators of the M-2552 sample amounted to 252 kg/ha with the formation of 5–6 full cuts per growing season. The line is characterized by high foliage percentage (54.2%) and salt tolerance, which allows recommending it for introduction into the cotton-alfalfa crop rotations of the region. The seed productivity of the selected material reached 2.8–3.0 g in terms of 1000-seed weight, which provides the possibility of accelerated reproduction. In 2025, the M-2552 variety sample was officially submitted to the State Variety Testing (SVT). The results obtained are of great practical importance for the diversification of crop production and strengthening the fodder base of animal husbandry in the arid zones of the republic.

Keywords: Alfalfa (*Medicago sativa* L.), breeding, saline soils, productivity, multi-cut, adaptability, Turkestan region, variety sample M-2552.

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ И ПРОДУКТИВНОСТИ СТЕПНЫХ ПАСТБИЩ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА КАК ОСНОВА ИХ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Муханов Н.К.¹, PhD, ассоциированный профессор
muhanov1984@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4315-7414>
Серекпаев Н. А.², доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ГНС
serekpaev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0774-4750>
Ногаев А.А.¹, PhD, ассоциированный профессор
adilbek_nogaev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8826-817X>
Ускенов Р. Б.¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
ruskenov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2163-2392>
Бостанова С. К.¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
bostanova_sk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6661-8362>
Нуркен А.Ж.¹, магистр сельскохозяйственных наук
nurkenadilkhan@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8144-0934>

¹Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, Казахстан

²ТОО «AgroInnovaConsalt», г. Астана, Казахстан

Аннотация. В статье представлены результаты мониторинга состояния и продуктивности степных пастбищ Северного Казахстана. Исследования выполнены в 2025 году на территории Келлеровского сельского округа Тайыншинского района Северо-Казахстанской области.

Целью исследования являлись комплексная оценка состояния пастбищных экосистем на основе геоботанических обследований, определения продуктивности надземной биомассы и анализа питательной ценности кормовой массы. Методологическая база включала анализ агрометеорологических условий вегетационного периода, расчета гидротермического коэффициента, геоботанические обследования, измерения высоты травостоя, учет урожайности надземной биомассы укосным методом, определение химического состава кормовой массы методом ближней инфракрасной спектроскопии (NIRS), а также геопривязку обследованных участков с использованием GPS/GLONASS-навигации.

Установлено, что обследованные пастбища характеризуются высоким проективным покрытием растительного покрова (86-96%), устойчивым злаково-разнотравным составом и значительным видовым разнообразием. Урожайность надземной биомассы варьировала от 315,5 до 710,3 г/м² в пересчете на воздушно-сухое вещество. Анализ кормовой массы показал достаточное содержание основных питательных веществ, обеспечивающих кормовую ценность пастбищного корма для крупного рогатого скота. Полученные результаты свидетельствуют о хорошем состоянии исследованных пастбищных экосистем и могут служить научной основой для дальнейшей рекомендаций по рациональному использованию пастбищ, организации пастбищеоборота и совершенствованию системы мониторинга пастбищных угодий в условиях Северного Казахстана.

Ключевые слова: степные пастбища, пастбищные экосистемы, мониторинг пастбищ, геоботаническое обследование, продуктивность травостоя, надземная масса, кормовая ценность, проективное покрытие, Северный Казахстан

Введение. Степные пастбища Северного Казахстана являются базовым кормовым ресурсом для животноводства и одновременно ключевым компонентом природного каркаса степных экосистем. В условиях роста поголовья, концентрации выпаса вблизи населённых пунктов и ограниченной доступности отгонных участков (водопой, инфраструктура) возрастает риск пастбищной дигрессии: снижается доля ценных кормовых видов, ухудшается проективное покрытие и уменьшается

продуктивность травостоя. Для предотвращения деградации требуется переход от эпизодических оценок к системному мониторингу состояния пастбищ и управлению нагрузкой на основе измеряемых показателей (урожайность/биомасса, ботанический состав, высота травостоя, проективное покрытие, питательность корма, фактическая и допустимая нагрузка). Такой подход соответствует современной парадигме «адаптивного управления пастбищами», когда решения по интенсивности выпаса и пастбищеобороту регулярно корректируются по результатам наблюдений и анализов[1].

Отечественные исследования последних лет формируют научную базу для внедрения мониторинга и оптимизации выпаса в степной зоне. Так, в работах Г.Ж. Стыбаева показано, что пастбищная дигрессия и восстановительные сукцессии в Северном Казахстане имеют выраженную пространственную неоднородность и тесно связаны с режимом использования участков, что обосновывает необходимость дифференцированного управления пастбищами (по контурам/загонам) и контроля нагрузок [2]. Практико-ориентированные исследования Н.А. Серекпаева, А.А. Ногаева и соавторов предлагают организационные решения (загонная/ротационная система) и подчёркивают, что раннее и непрерывное стравливание одних и тех же участков приводит к истощению травостоя, тогда как пастбищеоборот и расчёт ёмкости загонов позволяют обеспечить восстановление растительности и повысить эффективность использования кормовой массы [3]. Важным элементом мониторинга является сезонная оценка структуры травостоя и продуктивности: Муханов Н.К., Ногаев А.А., Ускенов Р.Б., Серекпаев Н.А. показали, что сезонная динамика ботанического состава и кормовой массы существенно влияет на управленческие решения по срокам и интенсивности выпаса, а также на оценку кормовой обеспеченности[4]. Дополняют картину исследования влияния ротационного выпаса на видовой состав и разнообразие пастбищных сообществ, где продемонстрирована управляемость флористической структуры при смене режимов пастбы и необходимость подбора оптимальной нагрузки для сохранения устойчивости сообществ [5].

Международные исследования (Q1-Q3) подтверждают, что «интенсивность выпаса» (степень использования фитомассы, плотность животных и длительность стравливания) - один из наиболее сильных антропогенных факторов, изменяющих биоразнообразие, свойства почв и продуктивность пастбищ, причём эффект зависит от исходной влажности/продуктивности экосистем и от выбранной системы пастбы. [6-10] Так, в LandDegradation&Development показано, что управление интенсивностью выпаса в полусухих ранчо-системах влияет на почвенные параметры и компоненты биоразнообразия, а следовательно требует настройки режимов нагрузки с экологическими ограничениями. Для степных и сухостепных ландшафтов внутренней Азии подтверждена значимость корректного проектирования ротации: трёхлетний полевой эксперимент в Agriculture, Ecosystems&Environment демонстрирует, что при одинаковом (низком) уровне интенсивности более частая ротация может повышать надземную и корневую биомассу и способствовать восстановлению доминантов сообщества, хотя эффекты зависят от контекста и не всегда приводят к росту углеродного накопления [6-10].

Современный мониторинг пастбищ всё чаще опирается на связку «полевые учёты + ГИС/ДЗЗ»: высокодетальные спутниковые данные и БПЛА позволяют отслеживать изменения растительного покрова, деградационные пятна и влияние инфраструктуры, снижая неопределённость при масштабировании точечных наблюдений на ландшафтный уровень. Например, в EcologicalIndicators предложен подход, сочетающий БПЛА и высокоразрешающие спутниковые данные для картирования функциональных групп и оценки деградации степей [10] Восточной

Монголии, что методически близко задачам мониторинга степных пастбищ Северного Казахстана. Наконец, обобщения по Монголии показывают, что тяжёлый выпас чаще снижает покров, видовое богатство и надземную биомассу в сухих и высокогорных степях, а эффекты в более продуктивных (луговых) степях могут быть иными; следовательно, оптимизация нагрузки должна учитывать тип степи и климатический градиент. Совместное использование таких подходов позволяет перейти от «средних нормативов» к адаптивной оптимизации выпаса: расчёт ёмкости и допустимого использования фитомассы, пространственное зонирование по контурам, сезонная корректировка ротации, а также валидация дистанционных индикаторов полевыми измерениями [8-10].

Таким образом, актуальность настоящего исследования обусловлена необходимостью научно обоснованного управления степными пастбищами Северного Казахстана на основе регулярного мониторинга состояния травостоя и точного расчёта/оптимизации интенсивности выпаса. Опора на отечественные наработки по пастбищеобороту и сезонной оценке продуктивности в сочетании с лучшими международными практиками дистанционного мониторинга и экспериментальной проверки систем пастбы создаёт основу для разработки применимых регламентов нагрузки и управленческих решений, обеспечивающих продуктивность и экологическую устойчивость степных пастбищ.

Материалы и методы исследования. Исследования выполнены в 2025 году на степных пастбищах Келлеровского сельского округа Тайыншинского района, Северо-Казахстанской области. Объектами исследования являлись: естественные степные пастбищные фитоценозы, ботанический состав растительного покрова, продуктивность надземной биомассы и питательная ценность кормовой массы пастбищ. Предметом исследования являлись показатели состояния пастбищных экосистем, включая проективное покрытие, видовой состав, высоту травостоя, урожайность надземной биомассы и химический состав кормовой массы. Подход основан на принципах геоботанического и продукционного мониторинга природных кормовых угодий, закреплённых в национальных регламентах и применяемых в работах казахстанских исследователей для степной зоны.

Схема мониторинга и размещение пробных площадок. Исследовательская стратегия включала описательный блок (инвентаризация и оценка состояния) и измерительный блок (урожайность/биомасса, структура травостоя, питательность корма) с повторениями по сезонам пастбищного периода. Сезонность обследований (весна-лето-осень) применялась для корректной оценки динамики ботанического состава и продуктивности травостоя, что рекомендовано для степных пастбищ Северного Казахстана. В каждом контуре закладывали учётные точки/площадки по диагонали и в наиболее типичных микростациях (с учётом микрорельефа и пятнистости), чтобы снизить смещение из-за неоднородности травостоя - стандартный подход для геоботанических изысканий крупного масштаба.

Геопривязка, картирование контуров и маршрут обследований. Границы пастбищных контуров фиксировали с применением GPS/GLONASS-навигации с последующей привязкой координат к картографической основе и формированием маршрута обследования. Такой формат «контур - маршрут - набор показателей» соответствует современному мониторингу пастбищ и поддерживает последующую разработку пастбищеоборота и схем загоночного/ротационного выпаса.

Агрометеорологическая характеристика условий года. Для интерпретации продуктивности травостоя и сезонной динамики использовали данные температуры и осадков за вегетационный период и рассчитывали гидротермический коэффициент (ГТК) как интегральный показатель влагообеспеченности. Использование ГТК и

сезонного подхода при анализе пастбищных фитоценозов и их продуктивности показано в региональных исследованиях по Северному Казахстану.

Геоботаническое обследование: состав, структура и проективное покрытие. Геоботаническую часть выполняли в соответствии с национальной «Методикой по проведению крупномасштабных геоботанических изысканий природных кормовых угодий РК» [11] с описанием типа пастбища, доминантов, видового состава, хозяйственно-ценной и нежелательной (вредной/ядовитой) флоры, а также оценкой проективного покрытия и выравненности/комплексности травостоя. Дополнительно использовали региональные наработки по диагностике пастбищных дигрессий и восстановительных сукцессий в степной зоне Северного Казахстана, где геоботаническое обследование применяется как основной инструмент выявления деградации и стадий восстановления.

Биометрия травостоя: высота и плотность (рамочный учёт). Высоту травостоя измеряли по модельным растениям/точкам в основных фенофазах, фиксируя средние значения по площадке. Плотность травонасаждения (наличие дернинок/побегов по ячейкам) определяли рамочным методом с использованием рамки 100×50 см, что обеспечивает сопоставимость результатов и применяется в работах казахстанских авторов при мониторинге пастбищных фитоценозов степной зоны [12].

Учет урожайности и надземной биомассы (укосный метод). Продуктивность надземной фитомассы определяли укосным методом на учётных площадках с заданной высотой среза; массу взвешивали, далее отбирали средние пробы для перевода в воздушно-сухое/сухое вещество и расчёта урожайности в г/м². В исследованиях по Северному Казахстану для пастбищ при загонной системе также применяется укосный метод на площадках порядка 1×2,5 м (или аналогичных по площади) как практический стандарт для оценки травостоя. При необходимости сопоставления полевых оценок с данными ДЗЗ ориентируются на подход «полевые укусы (AGB) - спутниковые индексы/модели», что рекомендовано как метод повышения точности мониторинга на ландшафтном уровне [12-15].

Отбор проб кормовой массы и подготовка к анализу. Средние пробы пастбищного корма формировали методом смешивания и квартования для получения репрезентативной навески. Подготовка включала измельчение, выравнивание фракционного состава и доведение до кондиции анализа (воздушно-сухое состояние/стандартная влажность), что необходимо для воспроизводимости химико-аналитических результатов и сопоставимости между участками и сезонами. Общая логика подготовки проб соответствует практикам исследований кормов и пастбищной массы в региональных работах [12].

Химический состав и питательность: NIRS-подход и валидация. Показатели питательности (влажа/сухое вещество, сырой протеин, жир, клетчатка, зола и др.) определяли методом ближней ИК-спектроскопии на анализаторе NIRS DS2500 (Feed&Forage), поскольку NIRS обеспечивает быстрое получение данных при больших объёмах мониторинга и допускает применение глобальных/локальных калибровок при наличии эталонных «мокрых» анализов для контроля качества. Практика использования DS2500 и подходы к калибровке/переносу калибровок описаны производителем и в методических обзорах по NIR-анализу кормов. В региональных исследованиях пастбищ Северного Казахстана NIRS DS2500 прямо применяется для анализа химического состава пастбищного корма, что обеспечивает сопоставимость методики с опубликованными результатами отечественных авторов [13-20].

Дистанционные методы (опционально, как модуль усиления мониторинга). Для повышения масштабируемости мониторинга допускается использование спутниковых данных (NDVI/EVI и др.) и/или БПЛА с последующей калибровкой по полевым укосам

(AGB). Современные Q1-публикации демонстрируют методическую схему «UAV - модель AGB - спутниковая экстраполяция», позволяющую закрыть разрыв между точечными полевыми измерениями и картированием продуктивности/деградации на территории пастбищ [21].

Статистическая обработка. Для первичной обработки использовали описательную статистику (средние, стандартное отклонение/ошибка, коэффициент вариации) с межсезонным и межконтурным сравнением. При необходимости (для выявления факторов продуктивности) применяют корреляционный/регрессионный анализ связи урожайности и структурных показателей травостоя с агроклиматическими параметрами и показателями нагрузки; такой подход логично следует из мониторинговых дизайнов, описанных в региональных работах по сезонной динамике пастбищных фитоценозов [22, 23].

Результаты исследования и их обсуждение. Агрометеорологические условия 2025 года в зоне исследований в целом соответствовали среднесезонным показателям для степной зоны Северного Казахстана. Вегетационный период характеризовался умеренно тёплым температурным режимом и относительно равномерным распределением осадков. Расчёт гидротермического коэффициента (ГТК) по Г.Т. Селянинову показал значения в пределах 0,90-1,05, что соответствует условиям достаточного и близкого к оптимальному увлажнения для формирования продуктивного травостоя степных пастбищ. Полученные значения ГТК согласуются с данными региональных исследований, где показано, что при ГТК выше 0,8 наблюдается стабилизация фитомассы и восстановление злаково-разнотравных сообществ при контролируемом выпасе [24].

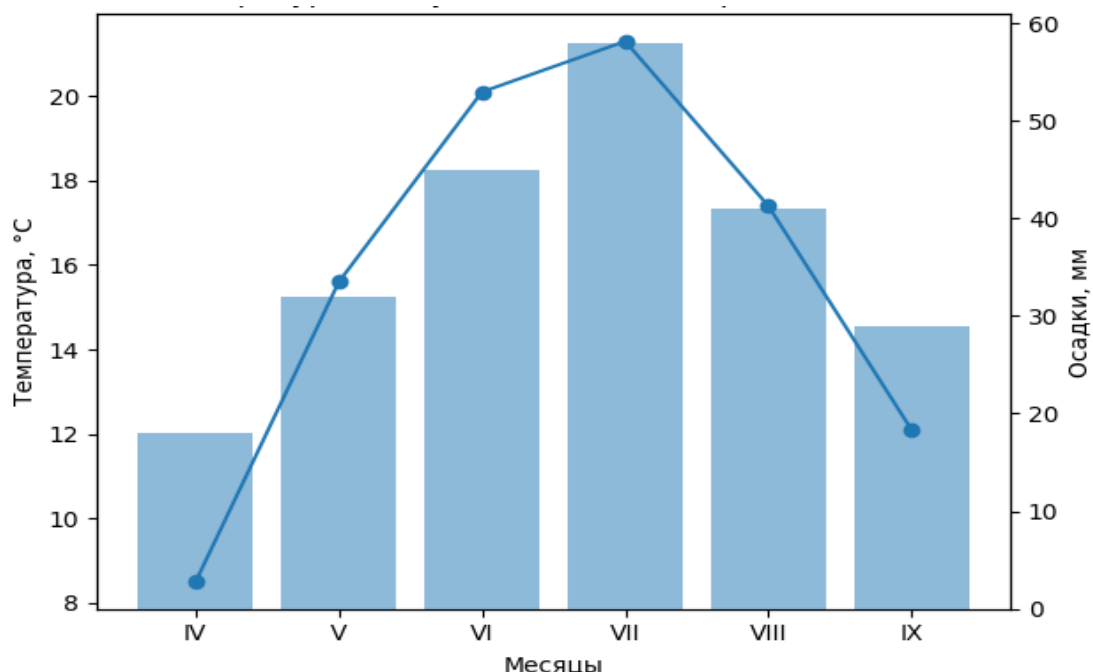


Рисунок 1 – Динамика температуры воздуха и осадков в период вегетации 2025 года

В результате геоботанических обследований установлено, что пастбища представлены типичными злаково-разнотравными степными фитоценозами.

Доминирующее положение занимали ковыльные (*Stipaspp.*), типчаковые (*Festucaspp.*), житняковые (*Agropyronspp.*) и разнотравные компоненты.

Проективное покрытие растительного покрова находилось в диапазоне 86-96%, что свидетельствует о хорошем состоянии травостоя и отсутствии выраженных признаков пастбищной дигрессии.

Таблица 1 – Основные геоботанические показатели пастбищ

Показатель	Минимум	Максимум	Среднее
Проективное покрытие, %	86	96	91
Число видов на 100 м ²	18	27	22
Доля злаков, %	48	62	55
Доля бобовых, %	8	14	11
Доля разнотравья, %	24	38	34

Высокая доля злаковых и наличие бобовых компонентов обеспечивали устойчивость пастбищ и высокую кормовую ценность. Аналогичные соотношения видового состава характерны для устойчивых степных пастбищ при умеренной нагрузке, что подтверждается исследованиями Стыбаева Г.Ж. [21] и зарубежными обзорами по степям Центральной Азии [16].

Средняя высота травостоя в период максимального развития составляла 28-42 см, что соответствует оптимальным значениям для пастбищного использования молочного скота. В период наблюдений травостой характеризовался хорошей сомкнутостью растительного покрова и равномерным пространственным распределением основных доминирующих видов. Полученные данные свидетельствуют о благоприятном состоянии растительности на момент проведения обследований [5].

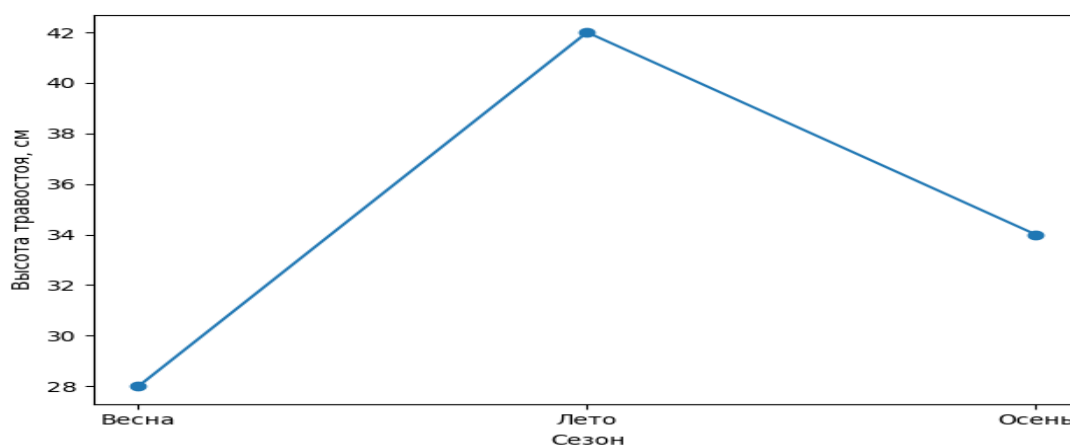


Рисунок 2 – Средняя высота травостоя по сезонам пастбищного периода

Учет урожайности показал значительную вариабельность надземной биомассы в зависимости от контура пастбища и сезона. Урожайность составляла 315,5-710,3 г/м² в пересчёте на воздушно-сухую массу.

Таблица 2 – Урожайность надземной биомассы пастбищ, г/м²

Контур	Весна (III декада мая)	Лето (II декада июля)	Осень (I декада сентября)	Среднее
I	410,2	710,3	525,4	548,6
II	362,8	645,7	498,9	502,5
III	315,5	589,6	456,3	453,8

Полученные значения соответствуют данным по продуктивным степным пастбищам Северного Казахстана при умеренной нагрузке [4,5]. Зарубежные исследования (*Agriculture, Ecosystems&Environment*, Q1) также подтверждают, что при контролируемой интенсивности выпаса продуктивность надземной биомассы стабилизируется и может возрасти за счёт стимуляции кущения злаков [17-21].

Анализ кормовой массы показал сбалансированное содержание основных питательных веществ. Содержание сырого протеина составляло 9,8-13,5%, обменная энергия – 8,9-10,4 МДж/кг сухого вещества.

Таблица 3 – Питательная ценность пастбищного корма

Показатель	Значение
Сырой протеин, %	11,6 ± 1,2
Сырая клетчатка, %	24,8 ± 2,1
Обменная энергия, МДж/кг	9,6 ± 0,7
Кормовые единицы, ед./кг	0,72 ± 0,05

Такие показатели соответствуют потребностям молочного скота при пастбищном содержании и сопоставимы с данными зарубежных исследований, использующих NIRS-анализ кормов [14].

Расчёты показали, что фактическая интенсивность выпаса находилась в пределах 21-22%, что соответствует лёгкой–умеренной нагрузке. Это ниже пороговых значений, при которых начинается деградация травостоя и уплотнение почвы.

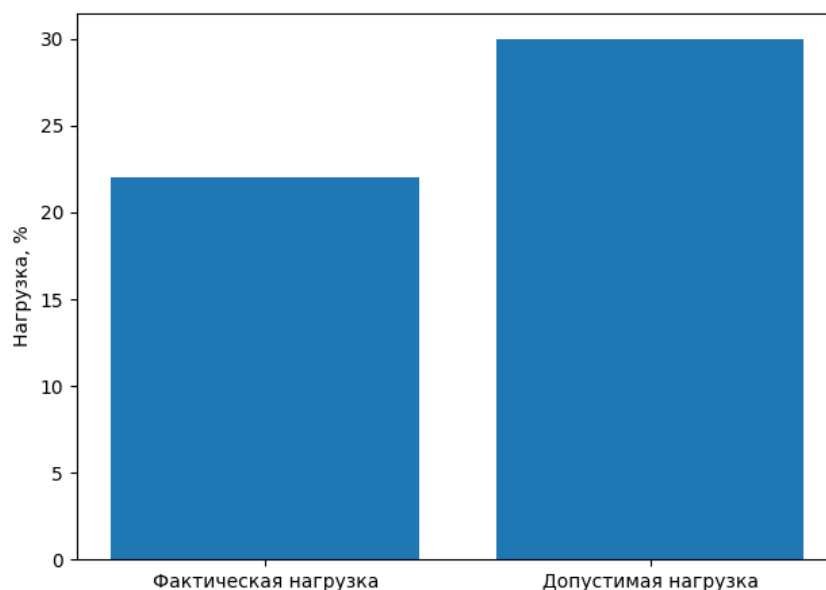


Рисунок 3 – Соотношение фактической и допустимой нагрузки пастбищ

Полученные результаты полностью согласуются с выводами Серекпаева Н.А. и соавторов [5], где показано, что оптимальная нагрузка для степных пастбищ Казахстана должна составлять не более 25-30% от потенциальной кормоёмкости.

Обсуждение результатов. Комплексный анализ показал, что сочетание мониторинга состояния пастбищ, расчёта кормоёмкости и оптимизации интенсивности выпаса позволяет обеспечить устойчивость степных экосистем и стабильную кормовую базу для молочного скотоводства.

В отличие от бессистемного выпаса, выявленного во многих регионах Казахстана, исследуемые пастбища демонстрировали признаки экологического равновесия: высокий покров, сохранение видового разнообразия и отсутствие деградиционных форм. Аналогичные выводы приводятся в международных обзорах по степям Монголии и Центральной Азии [22].

Выводы.

1. Степные пастбища Келлеровского сельского округа характеризуются высоким проективным покрытием (86-96%) и устойчивым злаково-разнотравным составом.

2. Урожайность надземной биомассы варьировала от 315,5 до 710,3 г/м² воздушно-сухого вещества, что свидетельствует о достаточно высоком продукционном потенциале исследованных пастбищ.

3. Содержание основных питательных веществ в кормовой массе соответствует требованиям, предъявляемым к пастбищным кормам для крупного рогатого скота.

4. Полученные результаты мониторинга могут быть использованы при последующей разработке рекомендаций по допустимой нагрузке, организации пастбищеоборота и рациональному использованию пастбищных угодий.

5. Регулярный мониторинг ботанического состава, продуктивности и качества кормовой массы является необходимым условием устойчивого управления пастбищными экосистемами Северного Казахстана.

Проведённые исследования подтверждают, что рациональное использование степных пастбищ Северного Казахстана на основе мониторинга является научно обоснованным и практически эффективным подходом. Реализация данной методологии позволяет одновременно повысить продуктивность пастбищ, сохранить биоразнообразие и обеспечить устойчивое развитие молочного скотоводства в условиях климатической изменчивости.

Финансирование. Статья выполнена в рамках Проекта ИРН АР26100819 ««Создание «Smart» пастбищ для молочного скота» на 2025-2027 годы, реализуемого по бюджетной программе: 217 «Развитие науки», подпрограмме 102 «Грантовое финансирование научных исследований», специфике 156 «Оплата консалтинговых услуг и исследований» Министерство науки и высшего образования Республики Казахстан.

Литература:

[1] Сергалиев, Н.Х., Ахмеденов К.М., Махамбетов М.Ж., Ансабаева А.С. Оценка современного состояния кормовых ресурсов и пастбищных экосистем Западной части Казахстана // 3i: intellect, idea, innovation – интеллект, идея, инновация, 2025. – № 1. – С. 216–223. DOI: https://doi.org/10.52269/22266070_2025_1_216

[2] Стыбаев, Г.Ж., Байтеленова А.А. Пастбищные дигрессии и восстановительные сукцессии в Северном Казахстане // Вестник науки и образования, 2019. – № 17. – С. 14–18.

[3] Ахылбекова, Б., Серекпаев Н., Ногаев А., Ансабаева А. Организация загонного выпаса скота для рационального использования пастбищ // 3i: intellect, idea, innovation – интеллект, идея, инновация, 2024. – № 3. – С. 170–179. DOI: https://doi.org/10.52269/22266070_2022_4_170

[4] Ногаев, А.А., Муханов Н.К., Ускенов Р.Б., Серекпаев Н.А. Сезонная динамика ботанического состава пастбищных фитоценозов степной зоны Северного Казахстана // 3i: intellect, idea, innovation – интеллект, идея, инновация, 2022. – № 4. – С. 80–90. DOI: https://doi.org/10.52269/22266070_2024_3_80

[5] Серекпаев, Н.А., Ногаев А.А., Муханов Н.К., Ускенов Р.Б. Ротационный выпас как инструмент устойчивого управления пастбищами в контексте органического животноводства // 3i: intellect, idea, innovation – интеллект, идея, инновация, 2025. – № 1. – С. 200–208. DOI: https://doi.org/10.52269/22266070_2025_1_200

- [6] **Waters, C.M.**, Orgill S.E., Melville G.J., Toole L.D., Smith J. Management of grazing intensity in the semi-arid rangeland of Southern Australia: Effect on soil and biodiversity // *Land Degradation & Development*. 2017. Vol. 28(4). P. 1363–1375. DOI: <https://doi.org/10.1002/ldr.2602>
- [7] **Munkhzul, O.**, Oyundelger K., Narantuya N., Tuvshintogtokh I., Oyuntsetseg B., Wesche K., Jäschke Y. Grazing Effects on Mongolian Steppe Vegetation — A Systematic Review of Local Literature // *Frontiers in Ecology and Evolution*. 2021. Vol. 9. Article 703220. DOI: <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.703220>
- [8] **Venter, Z.**, Cramer M.B., Hawkins H.J. Rotational grazing management has little effect on remotely-sensed vegetation characteristics across farm fence-line contrasts // *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2019. Vol. 282. P. 40–48. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.05.019>
- [9] **Huo, T.**, Wang J., Zhang Y., et al. Temperate grassland vegetation restoration influenced by grazing exclusion and climate change // *Science of the Total Environment*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168842>
- [10] **Dashpurev, B.**, Wesche K., Jäschke Y., et al. A cost-effective method to monitor vegetation changes in steppe ecosystems // *Ecological Indicators*. 2021. Vol. 132. Article 108331. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108331>
- [11] **Munkhzul, O.**, et al. Grazing Effects on Mongolian Steppe Vegetation – A Systematic Review of Local Literature // *Frontiers in Ecology and Evolution*. 2021.
- [12] Об утверждении Методики по проведению крупномасштабных (1:1 000 – 1:100 000) геоботанических изысканий природных кормовых угодий Республики Казахстан: Приказ Министра сельского хозяйства Республики Казахстан от октября 2022 г. – № 314. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 5 октября 2022 г. – № 30043.
- [13] **Конюшкова, Н.С.**, Работнова Т.А., Цецерина И.А. Методика опытных работ на сенокосах и пастбищах. – М.: Сельхозгиз, 1961. – 287 с.
- [14] **Белтроп, Дж.**, и др. Обеспечение качества работы лабораторий по анализу кормов для животных. Руководство ФАО по вопросам животноводства и здоровья животных. Рим, 2013. – № 14. – 226 с.
- [15] **Власов, Е.А.**, Сизова Е.А., Нечитайло К.С., Рязанцева К.В., Камирова А.М., Иванищева А.П., Шошин Д.Е., Мусабаева Л.Л., Мустафина А.С. Физические и биологические методы улучшения питательности кормов // *Сельскохозяйственная биология*, 2024. – Т. 59. – № 3. – С. 411–425.
- [16] **Шоба, С.А.**, Шарма Ч., Макаров О.А. (ред.) Руководство по практикам устойчивого управления земельными ресурсами в Центральной Азии в условиях климатических изменений. Москва–Ташкент: Буки Веди, 2023. – 208 с.
- [17] **Сивцева, С.Н.**, Маховикова Т.Ф., Рыбашлыкова Л.П. Интенсивность выпаса скота как фактор изменения продуктивности и структуры растительного покрова лесопастбищ Бажиганского песчаного массива // *Аграрный вестник Урала*, 2024. – Т. 24. – № 11. – С. 1437–1446. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-11-1437-1446>
- [18] **Бородычев, В.В.**, Власенко М.В., Кулик А.К. Сезонные изменения кормовой продуктивности аридных пастбищ // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса*, 2021. – № 1(61). – С. 14–24. DOI: <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2021-01-01>
- [19] **Титлянова, А.А.**, Кыргыс Ч.С., Самбуу А.Д. Влияние пастбищной нагрузки и погодных условий на продуктивность сухих степей Тувы // *Почвы и окружающая среда*, 2020. – Т. 3. – № 2. Article e113. DOI: <https://doi.org/10.31251/pos.v3i2.113>
- [20] **Маштыков, К.В.** Сравнительная характеристика видового состава пастбищных фитоценозов пустынной зоны // *Вестник Института комплексных исследований аридных территорий*, 2021. – № 1(42). – С. 36–44. DOI: <https://doi.org/10.24412/2071-7830-2021-142-36-44>
- [21] **Стыбаев, Г.**, Ногаев А.А., Байтеленова А.А., Ахылбекова Б.А., Калаубай Д.Д., Максutow Е.Ж. Влияние ротационного выпаса на видовое разнообразие участков пастбищ степной зоны // *Наука и образование*, 2025. – Т. 4. – № 2. – С. 13–22. DOI: <https://doi.org/10.52578/2305-9397-2025-2-4-13-22>
- [22] **Zhu, X.**, Chen X., Ma L., Liu W. UAV and Satellite Synergies for Mapping Grassland Aboveground Biomass in Hulunbuir Meadow Steppe // *Plants*. 2024. Vol. 13(7). Article 1006. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants130710006>

[23] **Доспехов, Б.А.** Планирование полевого опыта и статистическая обработка его данных. – М.: Колос, 1972. – 206 с.

[24] **Кацко, И.А.,** и др. Статистические методы обработки данных: практикум. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – 89 с.

References:

[1] **Sergaliev, N.H.,** Ahmedenov K.M., Mahambetov M.Zh., Ansabaeva A.S. Ocenka sovremennogo sostojanija kormovyh resursov i pastbishnyh jekosistem Zapadnoj chasti Kazahstana // 3i: intellect, idea, innovation – intellekt, ideja, innovacija, 2025. – № 1. – S. 216–223. DOI: https://doi.org/10.52269/22266070_2025_1_216 [in Russian]

[2] **Stybaev, G.Zh.,** Bajtlenova A.A. Pastbishnye digressii i vosstanovitel'nye sukcesii v Severnom Kazahstane // Vestnik nauki i obrazovanija, 2019. – № 17. – S. 14–18. [in Russian]

[3] **Ahylbekova, B.,** Serekpaev N., Nogaev A., Ansabaeva A. Organizacija zagonnogo vypasa skota dlja racional'nogo ispol'zovanija pastbishh // 3i: intellect, idea, innovation – intellekt, ideja, innovacija, 2024. – № 3. – S. 170–179. DOI: https://doi.org/10.52269/22266070_2024_3_170 [in Russian]

[4] **Nogaev, A.A.,** Muhanov N.K., Uskenov R.B., Serekpaev N.A. Sezonnaja dinamika botanicheskogo sostava pastbishnyh fitocenzov stepnoj zony Severnogo Kazahstana // 3i: intellect, idea, innovation – intellekt, ideja, innovacija, 2022. – № 4. – S. 80–90. DOI: https://doi.org/10.52269/22266070_2022_4_80 [in Russian]

[5] **Serekpaev, N.A.,** Nogaev A.A., Muhanov N.K., Uskenov R.B. Rotacionnyj vypas kak instrument ustojchivogo upravlenija pastbishhami v kontekste organicheskogo zhivotnovodstva // 3i: intellect, idea, innovation – intellekt, ideja, innovacija, 2025. – № 1. – S. 200–208. DOI: https://doi.org/10.52269/22266070_2025_1_200 [in Russian]

[6] **Waters, C.M.,** Orgill S.E., Melville G.J., Toole L.D., Smith J. Management of grazing intensity in the semi-arid rangeland of Southern Australia: Effect on soil and biodiversity // Land Degradation & Development. 2017. Vol. 28(4). P. 1363–1375. DOI: <https://doi.org/10.1002/ldr.2602>

[7] **Munkhzul, O.,** Oyundelger K., Narantuya N., Tuvshintogtokh I., Oyuntsetseg B., Wesche K., Jäschke Y. Grazing Effects on Mongolian Steppe Vegetation — A Systematic Review of Local Literature // Frontiers in Ecology and Evolution. 2021. Vol. 9. Article 703220. DOI: <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.703220>

[8] **Venter, Z.,** Cramer M.B., Hawkins H.J. Rotational grazing management has little effect on remotely-sensed vegetation characteristics across farm fence-line contrasts // Agriculture, Ecosystems & Environment. 2019. Vol. 282. P. 40–48. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.05.019>

[9] **Huo, T.,** Wang J., Zhang Y., et al. Temperate grassland vegetation restoration influenced by grazing exclusion and climate change // Science of the Total Environment. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168842>

[10] **Dashpurev, B.,** Wesche K., Jäschke Y., et al. A cost-effective method to monitor vegetation changes in steppe ecosystems // Ecological Indicators. 2021. Vol. 132. Article 108331. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108331>

[11] **Munkhzul, O.,** et al. Grazing Effects on Mongolian Steppe Vegetation – A Systematic Review of Local Literature // Frontiers in Ecology and Evolution. 2021.

[12] Ob utverzhdenii Metodiki po provedeniju krupnomasshtabnyh (1:1 000 – 1:100 000) geobotanicheskikh izyskanij prirodnyh kormovyh ugodij Respubliki Kazahstan: Prikaz Ministra sel'skogo hozjajstva Respubliki Kazahstan ot oktjabrja 2022 g. – № 314. Zaregistririvan v Ministerstve justicii Respubliki Kazahstan 5 oktjabrja 2022 g. – № 30043. [in Russian]

[13] **Konjushkova, N.S.,** Rabotnova T.A., Cecerina I.A. Metodika opytnyh rabot na senokosah i pastbishhah. – М.: Sel'hozgiz, 1961. – 287 s. [in Russian]

[14] **Beltrop, Dzh.,** i dr. Obespechenie kachestva raboty laboratorij po analizu kormov dlja zhivotnyh. Rukovodstvo FAO po voprosam zhivotnovodstva i zdorov'ja zhivotnyh. Rim, 2013. – № 14. – 226 s. [in Russian]

[15] **Vlasov, E.A.,** Sizova E.A., Nechitajlo K.S., Rjazanceva K.V., Kamirova A.M., Ivanishheva A.P., Shoshin D.E., Musabaeva L.L., Mustafina A.S. Fizicheskie i biologicheskie metody uluchshenija pitatel'nosti kormov // Sel'skohozjajstvennaja biologija, 2024. – T. 59. – № 3. – S. 411–425. [in Russian]

[16] **Shoba, S.A.**, Sharma Ch., Makarov O.A. (red.) Rukovodstvo po praktikam ustojchivogo upravleniya zemel'nymi resursami v Central'noj Azii v usloviyah klimaticheskikh izmenenij. Moskva–Tashkent: Buki Vedi, 2023. – 208 s. [in Russian]

[17] **Sivceva, S.N.**, Mahovikova T.F., Rybashlykova L.P. Intensivnost' vypasa skota kak faktor izmenenija produktivnosti i struktury rastitel'nogo pokrova lesopastbishh Bazhiganskogo peschanogo massiva // Agrarnyj vestnik Urala, 2024. – T. 24. – № 11. – S. 1437–1446. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-11-1437-1446> [in Russian]

[18] **Borodychev, V.V.**, Vlasenko M.V., Kulik A.K. Sezonnye izmenenija kormovoj produktivnosti aridnyh pastbishh // Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa, 2021. – № 1(61). – S. 14–24. DOI: <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2021-01-01> [in Russian]

[19] **Titljanova, A.A.**, Kyrgys Ch.S., Sambuu A.D. Vlijanie pastbishhnoj nagruzki i pogodnyh uslovij na produktivnost' suhih stepej Tuvy // Pochvy i okruzhajushhaja sreda, 2020. – T. 3. – № 2. Article e113. DOI: <https://doi.org/10.31251/pos.v3i2.113> [in Russian]

[20] **Mashtykov, K.V.** Sravnitel'naja harakteristika vidovogo sostava pastbishhnyh fitocenozov pustynnoj zony // Vestnik Instituta kompleksnyh issledovanij aridnyh territorij, 2021. – № 1(42). – S. 36–44. DOI: <https://doi.org/10.24412/2071-7830-2021-142-36-44> [in Russian]

[21] **Stybaev, G.**, Nogaev A.A., Bajtlenova A.A., Ahylbekova B.A., Kalaubaj D.D., Maksutov E.Zh. Vlijanie rotacionnogo vypasa na vidovoe raznoobrazie uchastkov pastbishh stepnoj zony // Nauka i obrazovanie, 2025. – T. 4. – № 2. – S. 13–22. DOI: <https://doi.org/10.52578/2305-9397-2025-2-4-13-22> [in Russian]

[22] **Zhu, X.**, Chen X., Ma L., Liu W. UAV and Satellite Synergies for Mapping Grassland Aboveground Biomass in Hulunbuir Meadow Steppe // Plants. 2024. Vol. 13(7). Article 1006. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants130710006>

[23] **Dospheov, B.A.** Planirovanie polevogo opyta i statisticheskaja obrabotka ego dannyh. – M.: Kolos, 1972. – 206 s. [in Russian]

[24] **Kacko, I.A.**, i dr. Statisticheskie metody obrabotki dannyh: praktikum. – Krasnodar: KubGAU, 2017. – 89 s. [in Russian]

СОЛТҮСТІК ҚАЗАҚСТАННЫҢ ДАЛАЛЫҚ ЖАЙЫЛЫМДАРЫНЫҢ ЖАЙ-КҮЙІ МЕН ӨНІМДІЛІГІН МОНИТОРИНГТЕУ ОЛАРДЫ ҰТЫМДЫ ПАЙДАЛАНУДЫҢ ҒЫЛЫМИ НЕГІЗІ РЕТІНДЕ

Муханов Н.Қ.¹, PhD, қауымдастырылған профессор

Серекпаев Н.А.², ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы, профессор, бас ғылыми қызметкер

Ногаев А.А.¹, PhD, қауымдастырылған профессор

Үскенов Р.Б.¹, ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, доцент

Бостанова С.Қ.¹, ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, доцент

Нуркен А. Ж.¹, ауыл шаруашылығы ғылымдарының магистрі

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

²«Agro Innova Consalt» ЖШС, Астана қ., Қазақстан

Андатпа. Мақалада Солтүстік Қазақстанның дала жайылымдарының жағдайы мен өнімділігіне жүргізілген мониторинг нәтижелері ұсынылған. Зерттеулер 2025 жылы Солтүстік Қазақстан облысы Тайынша ауданының Келлеров ауылдық округі аумағында ИРН АР26100819 «Сүтті бағыттағы ірі қара малға арналған Smart-жайылымдарды құру» жобасы аясында жүргізілді. Жоба 217 «Ғылымды дамыту» бюджеттік бағдарламасы және 102 «Ғылыми зерттеулерді гранттық қаржыландыру» кіші бағдарламасы шеңберінде іске асырылуда.

Зерттеудің мақсаты геоботаникалық зерттеулер, жерүсті биомассасының өнімділігін анықтау және азықтық массаның қоректік құндылығын талдау негізінде жайылымдық экожүйелердің жай-күйіне кешенді баға беру болды.

Әдістемелік негіз ретінде вегетациялық кезеңдегі агрометеорологиялық жағдайларды талдау, гидротермиялық коэффициентті есептеу, геоботаникалық зерттеулер жүргізу, шөп

жамылғысының биіктігін өлшеу, жерүсті биомассасының өнімділігін шабу әдісімен есепке алу, азықтық массаның химиялық құрамын жақын инфрақызыл спектроскопия (NIRS) әдісімен анықтау, сондай-ақ зерттелген учаскелерді GPS/GLONASS навигациясы арқылы географиялық байланыстыру қолданылды.

Зерттеу нәтижелері бойынша қарастырылған жайылымдар өсімдік жамылғысының жоғары проективтік жабынымен (86–96%), тұрақты астық тұқымдас-шөптесін құрамымен және түрлік әртүрліліктің жоғары деңгейімен сипатталатыны анықталды. Жерүсті биомассасының өнімділігі ауа-құрғақ затқа шаққанда 315,5-тен 710,3 г/м² аралығында өзгерді. Азықтық массаны талдау ірі қара мал үшін жайылымдық азықтың құндылығын қамтамасыз ететін негізгі қоректік заттардың жеткілікті мөлшерде екенін көрсетті.

Алынған нәтижелер зерттелген жайылымдық экожүйелердің жақсы жағдайда екенін дәлелдейді және Солтүстік Қазақстан жағдайында жайылымдарды ұтымды пайдалану, жайылым айналымын ұйымдастыру және жайылымдық жерлерді мониторингтеу жүйесін жетілдіру бойынша ұсынымдар әзірлеуге ғылыми негіз бола алады.

Түйінді сөздер: дала жайылымдары; жайылымдық экожүйелер; жайылым мониторингі; геоботаникалық зерттеу; шөптесін жамылғының өнімділігі; жерүсті биомассасы; азықтық құндылық; проективтік жабын; Солтүстік Қазақстан.

MONITORING OF THE CONDITION AND PRODUCTIVITY OF STEPPE PASTURES IN NORTHERN KAZAKHSTAN AS A BASIS FOR THEIR SUSTAINABLE USE

Mukhanov N.K.¹, PhD, Associate Professor

Serekpaev N.A.², Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Research Scientist

Nogayev A.A.¹, PhD, Associate Professor

Uskenov R.B.¹, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

Bostanova S.K.¹, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

Nurken A. Zh.¹, Master of Agricultural Sciences

¹ *S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Republic of Kazakhstan*

² *Agro InnovaConsult LLP, Astana, Republic of Kazakhstan.*

Abstract. The article presents the results of monitoring the condition and productivity of steppe pastures in Northern Kazakhstan. The study was conducted in 2025 within the territory of the Kellerov rural district of the Tayynsha district, North Kazakhstan Region.

The aim of the study was to provide a comprehensive assessment of pasture ecosystems based on geobotanical surveys, evaluation of aboveground biomass productivity, and analysis of the nutritional value of forage mass.

The methodological framework included the analysis of agrometeorological conditions during the growing season, calculation of the hydrothermal coefficient, geobotanical surveys, measurement of grass stand height, estimation of aboveground biomass productivity using the clipping method, determination of forage chemical composition by Near-Infrared Spectroscopy (NIRS), and georeferencing of surveyed sites using GPS/GLONASS navigation.

The results showed that the investigated pastures were characterized by high vegetation cover (86–96%), a stable grass-forb composition, and considerable species diversity. Aboveground biomass productivity ranged from 315.5 to 710.3 g/m² on an air-dry matter basis. Analysis of forage mass revealed sufficient levels of essential nutrients ensuring the forage value of pasture feed for cattle.

The obtained results indicate the favorable condition of the studied pasture ecosystems and may serve as a scientific basis for developing recommendations on sustainable pasture management, pasture rotation systems, and improvement of pasture monitoring practices under the conditions of Northern Kazakhstan.

Keywords: steppe pastures; pasture ecosystems; pasture monitoring; geobotanical survey; grassland productivity; aboveground biomass; forage value; vegetation cover; Northern Kazakhstan.

ОБВОДНЕНИЕ ПАСТБИЩ ПОДЗЕМНЫМИ ВОДАМИ В ЗАПАДНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Оңаев М.Қ., кандидат технических наук, профессор
maratonaev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5584-1948>

Ожанов Г.С., кандидат сельскохозяйственных наук
gozhanov73@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6852-3890>

Шадьяров Т.М., магистр технических наук
talap_mnazhatovich@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6541-9695>

Денизбаев С.Е., магистр сельскохозяйственных наук
serik.edres.denizbaev69@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8696-0288>

Умбеткалиев Н.М., магистр биологии
nurlan-72kzt@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5175-2195>

Эзбергенов Ә.А., Магистрант 2 курса по ОП 7М07302 – «Землеустройство»
azbergenov03@mail.ru

Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана, г. Уральск, Казахстан

Аннотация. Западно-Казахстанская область – стратегически важный регион страны, где аграрный сектор играет ключевую роль. Особое внимание здесь уделяется животноводству. В настоящее время в регионе ведется планомерная работа по модернизации пастбищного хозяйства. Это позволит расширить площади выпаса и внедрить методы отгонного животноводства для более рационального использования земельных ресурсов.

Стабильный рост поголовья скота за последние десятилетия, поднимает проблему эффективного использования всего потенциала пастбищных угодий региона. Максимальное использования земельных ресурсов ограничивается возможностью обводнения пастбищных угодий. Полноценное использование пастбищных угодий невозможно без их предварительного обводнения.

Источники обводнения пастбищных угодий Западно-Казахстанской области представлены естественными источниками обводнения (реки, озера, балочно-овражная сеть) и искусственными источниками, представленными в виде оросительно-обводнительных каналов, прудокопаней, скважин и шахтных колодцев.

В статье рассмотрены состояние обводнения пастбищ подземными водами в Западно-Казахстанской области. На основе мониторинга подземных источников обводнения пастбищ области проанализированы их количественно-качественные параметры. Подземные источники имеют определенную зональность в расположении, проявляются на различных глубинах, соответствующих различным геологическим горизонтам, и отличаются широкой вариацией минерализации воды. В работе изложены итоги гидрогеологического и гидрохимического мониторинга пастбищных угодий. Оценка актуального состояния водных запасов проводилась на основе обследования действующих подземных водозаборов. Дополнительно определены водоносные горизонты Западно-Казахстанской области, обладающие наибольшим потенциалом для дальнейшего обводнения территорий.

Ключевые слова: отгонное животноводство, обводнение пастбищ, подземные воды, колодцы, минерализация воды

Введение. Укрепление продовольственной независимости и удовлетворение спроса на мясо-молочные товары напрямую зависят от прогресса в животноводстве [1]. В связи с этим ключевой задачей становится формирование продуктивного пастбищного фонда, оснащенного современными технологиями и надежными системами водоснабжения.

Результативность использования пастбищных угодий во многом зависит от

доступа к качественным источникам воды. Влияние полноценного поения на продуктивность скота сопоставимо по своей значимости с обеспечением животных высокопитательными кормами [2]. Республика Казахстан обладает значительными ресурсами природных кормовых угодий, эффективная эксплуатация которых открывает широкие возможности для роста животноводческой отрасли. В текущей повестке развития АПК особое место занимает пастбищное хозяйство. При этом ключевым условием для масштабирования отгонного животноводства выступает системное решение вопроса гидромелиорации и обводнения территорий [3].

Предотвращение деградации пастбищ и освоение новых пастбищных участков возможно за счет восстановления источников водоснабжения на базе усовершенствованных технологий очистки и подъема воды, что позволит снизить нагрузку на участки, расположенные вблизи населенных пунктов, действующих колодцев и естественных водоемов. Это, в свою очередь, даст возможность увеличить кормовую базу, частично сократить процесс деградации пастбищ. Во исполнение Закона РК «О пастбищах» во всех районах страны утверждены соответствующие Планы по управлению и использованию угодий. Основной акцент в данных документах сделан на анализе доступности водных ресурсов и оценке исправности гидротехнических объектов, так как наличие воды является базовым фактором устойчивого роста отгонного животноводства [4-6].

Дефицит доступных пастбищных угодий в секторе отгонного животноводства вызван прежде всего критическим состоянием или отсутствием водопойных пунктов. Массовый выход сооружений из строя обусловлен комплексом факторов: от естественного износа оборудования и засоления воды до отсутствия системного обслуживания. Дополнительное негативное влияние оказали трансформация прав собственности и общая деградация пастбищной инфраструктуры [5, 7].

Из общей площади территории Западно-Казахстанской области в 15133000 га площади пастбищ составляют 6252200 га. Кроме того, в составе земель запаса площадь пастбищ 1354200 га (по состоянию на 9 января 2026 года по данным госорганов). Земли запаса в будущем будут переданы в использование в качестве пастбищ образуемым в перспективе хозяйствам и действующим хозяйствам при увеличении поголовья скота. В области в отношении пастбищ имеется огромный резерв для успешного развития животноводства, а именно отгонного животноводства.

Наличие значительных площадей пастбищ в пределах территории области с дешевой природной кормовой базой предопределяет то, что одной из самых наиболее рентабельных видов для разведения и выращивания скота является использование системы отгонно-пастбищного животноводства. Обширный пастбищный фонд области позволяет успешно практиковать отгонное животноводство в большинстве её районов. Сочетание актуального законодательства и рыночных инструментов поддержки аграриев формирует фундамент для интенсификации отрасли. Тем не менее ключевыми факторами, диктующими схему размещения поголовья, остаются качество кормовой базы и уровень обводнения территорий. В таблице 1 приведены данные численности скота в разрезе районов области по состоянию на 1 февраля 2025 и 2026 годов (по данным госорганов статистики). Численность скота в разрезе районов увеличилось по сравнению с аналогичным периодом прошлого года (Таблица 1).

Показатели продуктивности поголовья и стратегия роста животноводческого сектора в регионе напрямую коррелируют с уровнем обводнения угодий. Ключевым условием здесь выступает создание системы водопоя, которая в полной мере отвечает зоотехническим стандартам содержания и ухода за животными [8].

Эффективность стратегии по обводнению сезонных пастбищ определяется балансом между расчетными нормами водопотребления и дебитом доступных источников – как подземных, так и поверхностных, – качество которых должно соответствовать санитарным нормам для поения животных.

Таблица 1 – Численность скота в разрезе районов Западно-Казахстанской области по состоянию на 1 февраля 2025 и 2026 годов

Районы	Крупный рогатый скот		Овцы и козы		Лошади		Верблюды	
	1.02.25	1.02.26	1.02.25	1.02.26	1.02.25	1.02.26	1.02.25	1.02.26
Акжайыкский	150 320	159 256	222 552	207 703	53 561	56 016	224	191
Бокейординский	106 827	123 749	100 280	122 002	39 618	42 435	1 188	1 184
Бурлинский	25 687	27 444	24 902	24 307	9 249	11 163	-	-
Жангалинский	94 543	103 099	140 577	132 965	40 025	43 144	621	639
Жанибекский	73 699	79 218	79 469	79 230	23 809	24 439	124	100
Бәйтерек	49 279	54 150	62 316	64 244	7 477	7 852	7	11
Казталовский	145 161	166 674	302 587	330 445	40 601	42 433	272	262
Каратобинский	55 438	61 968	97 930	100 691	16 080	18 042	26	20
Сырымский	62 265	70 519	104 377	102 211	32 362	32 937	112	120
Таскалинский	46 374	51 113	104 686	108 194	16 470	17 383	1	1
Теректинский	60 494	62 506	69 077	74 871	17 065	18 175	-	-
Чингирлауский	54 058	60 357	48 014	55 014	12 572	13 434	76	63
г. Уральск	3 450	2 530	6 004	4 525	949	808	3	2
По области	927 595	1 022 583	1 362 771	1 406 402	309 838	328 261	2 654	2 593

Водообеспечение животноводства на данной территории осуществляется как из поверхностных источников (реки, прудокопаны), так и за счет подземных вод, извлекаемых через шахтные колодцы и трубчатые скважины. В области насчитывается около 54 рек различной протяженности, являющихся источниками обводнения. Для обводнения пастбищ Западно-Казахстанской области значительную роль играют реки и местные водотоки, из которых наиболее крупными являются реки Урал с левобережными притоками Ембулатовка, Быковка, Рубежка, Шаган и правобережными притоками Елек, Утва, Барбастау, также оттоки Кушум и Багырлай, а также большие и малые реки Большой Узень, Малый Узень, Большая и Малая Анкаты, Жаксыбай, Шидерти, Улента, Калдыгайты, Булдырты, Чижа 1, Чижа 2, Мереке и др. На крупных из них расположены крупные оросительно-обводнительные системы, обеспечивающие обводнение значительной территории пастбищ региона [9].

В период с 1988 по 2002 годы с баланса были сняты обводнительные каналы, обеспечивавшие водоснабжение территорий общей площадью 276 тыс. га. По имеющейся информации в 2018 году в области ориентировочно обводнялось каналами 644,2 тыс. га [8].

В течение 2014-2019 годов программа обводнения пастбищ в республике демонстрировала высокие темпы реализации: вместо намеченных 3633 единиц было введено в эксплуатацию 5978 колодцев. Благодаря этим мерам удалось на 20 % снизить пастбищную нагрузку на земли, прилегающие к населенным пунктам [4, 10, 11].

Практика подтверждает, что в засушливых и полувасушливых зонах минерализованные воды в большинстве своем могут эффективно применяться для водоснабжения на сезонных пастбищных угодьях.

Допустимые нормы минерализации воды варьируются в зависимости от вида сельскохозяйственных животных. Например, верблюды демонстрируют высокую адаптивность к качеству воды: для них вполне приемлемым считается использование источников с концентрацией солей 8 г/л и выше.

Дефицит пресных источников вынуждает использовать для нужд животноводства ресурсы с высокой степенью минерализации. В ряде регионов допустимой нормой для водопоя овец считается вода, содержание сухого остатка в

которой достигает 6000 мг/л.

При выборе источника питьевого водоснабжения необходимо руководствоваться следующими стандартами качества: величина сухого остатка должна составлять не более 1000 мг/л, предельное содержание сульфатов – 500 мг/л, а хлоридов – 350 мг/л. Если такого источника нет, необходимо предусматривать опреснение воды. В исключительных случаях допускается использование воды с сухим остатком до 1500 мг/л с разрешения органов Государственного санитарного надзора.

Согласно положениям ГОСТ 2874-82, для нужд питьевого водоснабжения приоритетными являются ресурсы с минерализацией до 1 г/дм³, однако в засушливых регионах допускается эксплуатация источников с более высоким содержанием солей. Животные обладают более высокой резистентностью к минерализации: предельно допустимые нормы поения составляют 5 г/дм³ для лошадей, 8 г/дм³ для верблюдов и до 12 г/дм³ для овец.

В случае дефицита пресной воды на пастбищах (с уровнем минерализации до 1 г/л) разрешается использование водных ресурсов с повышенной концентрацией солей [8]. В таблице 2 отражены нормативные показатели максимальной минерализации воды (по сухому остатку на 1 л), которые использовались при разработке схем обводнения казахстанских пастбищ согласно источнику [12].

Таблица 2 – Предельная минерализация воды в пунктах водопоя, мг/л

Вид животных	Сезон использования пастбищ		
	летние	весенне-осенние	зимние
Овцы и козы	600	800	10000
Крупный рогатый скот	5000	6000	-
Лошади	5000	6000	6000
Верблюды	6000	8000	12000

Дефицит пресных источников вынуждает использовать для водопоя скота ресурсы с высокой степенью минерализации.

Гидрогеологические исследования пастбищных территорий, направленные на оценку текущего состояния водных ресурсов через изучение водозаборных сооружений подземных вод, играют важную роль в разработке методов эффективного обводнения пастбищ с применением подземных источников [13, 14].

Материалы и методы исследования. Проведенные изыскания были сосредоточены на изучении водных ресурсов Западно-Казахстанской области в контексте обводнения пастбищ. Работа включала химический анализ проб из подземных источников и оценку текущего состояния соответствующей гидротехнической инфраструктуры.

Большая часть обследованных колодцев и скважин сосредоточены на территории хозяйств, которые находятся на значительном расстоянии от естественных и искусственных открытых водоисточников.

Гидрогеологическое изучение пастбищ подразумевает натурное обследование водозаборных узлов. В заданных географических координатах фиксируется фактическое состояние объектов и измеряются ключевые характеристики: дебит, статический и динамический уровни, а также общая минерализация подземных вод.

Отбор проб осуществлялся по нормативному документу «Охрана природы. Гидросфера. Приборы и устройства для отбора первичной обработки и хранения проб природных вод», регламентированному в Республике Казахстан.

Анализ воды выполнялся в аккредитованном испытательном центре управления

науки ЗКАТУ им. Жангир хана и лаборатории ТОО «Жайыкгидрогеология».

Гидрохимический состав воды изучался с применением комплекса химических и физико-химических методов в строгом соответствии с действующими государственными и межгосударственными стандартами. В частности, определение карбонатной щелочности, хлоридов, сульфатов и сухого остатка выполнялось по общепринятым титриметрическим и гравиметрическим методикам (ГОСТ 31957-2012, ГОСТ 4245-72, СТ РК 1015-2000, ГОСТ 18164-72). Оценка содержания азотсодержащих соединений (аммония, нитритов и нитратов) проводилась спектрофотометрическим методом на приборе Varian Cary-50 согласно ГОСТ 33045-2014, а показатели жесткости и концентрация катионов кальция и магния устанавливались по методике ГОСТ 26449.1-85.

Суммарная минерализация воды определяется путем сложения концентраций всех присутствующих в ней солей, каждая из которых в разной степени влияет на общий показатель солесодержания.

Результаты исследований и обсуждение. Для эффективного развития животноводства в Западно-Казахстанской области требуются обширные пастбищные угодья, эксплуатация которых напрямую зависит от их сплошного обводнения. Несмотря на наличие разветвленной сети источников – от рек и каналов до скважин и шахтных колодцев – использование значительных территорий ограничено. Основными препятствиями выступают неравномерное распределение поверхностных вод и высокая степень минерализации подземных горизонтов. В результате проведенных исследований получены научные данные по обводнительным сооружениям на отгонных пастбищах региона (рисунок 1).

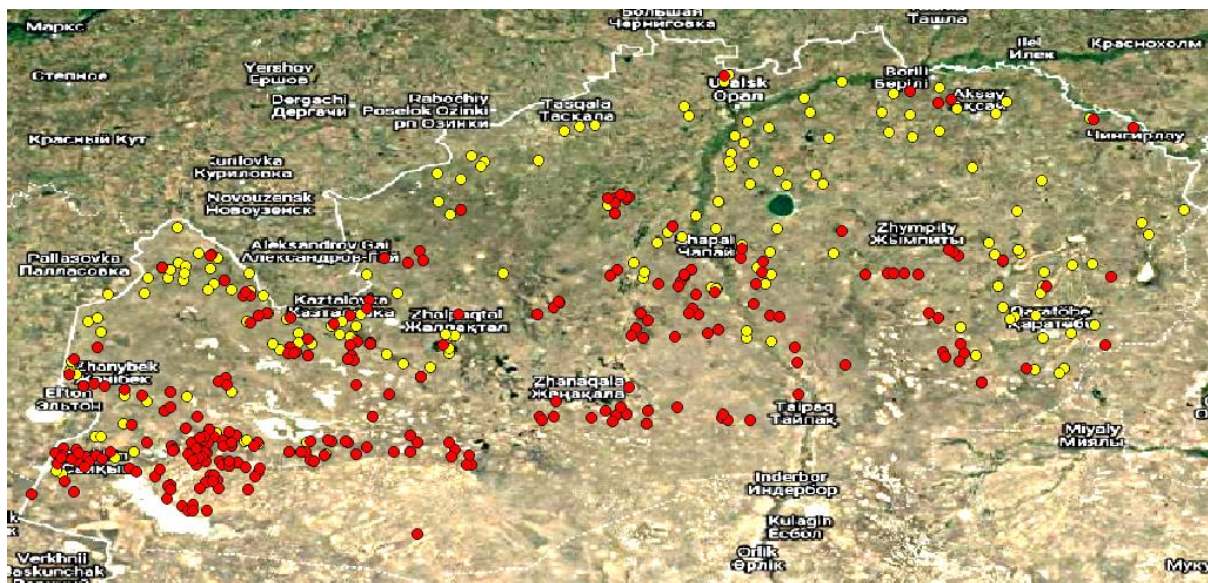


Рисунок 1 – Распределение источников вод в Западно-Казахстанской области: пунсоны красного цвета – шахтные колодцы, пунсоны желтого цвета – трубчатые колодцы

Организация обводнения пастбищ напрямую зависит от обеспеченности территории водными ресурсами. Организация обводнения пастбищ с использованием подземных вод диктуется гидрогеологическими показателями доступных водоносных горизонтов, отличающихся в значительной степени в пределах административных районов области, и гидрохимическими показателями подземных вод (рисунки 2, 3).

В гидрогеологии районирование территорий производят по условиям формирования режима подземных вод.

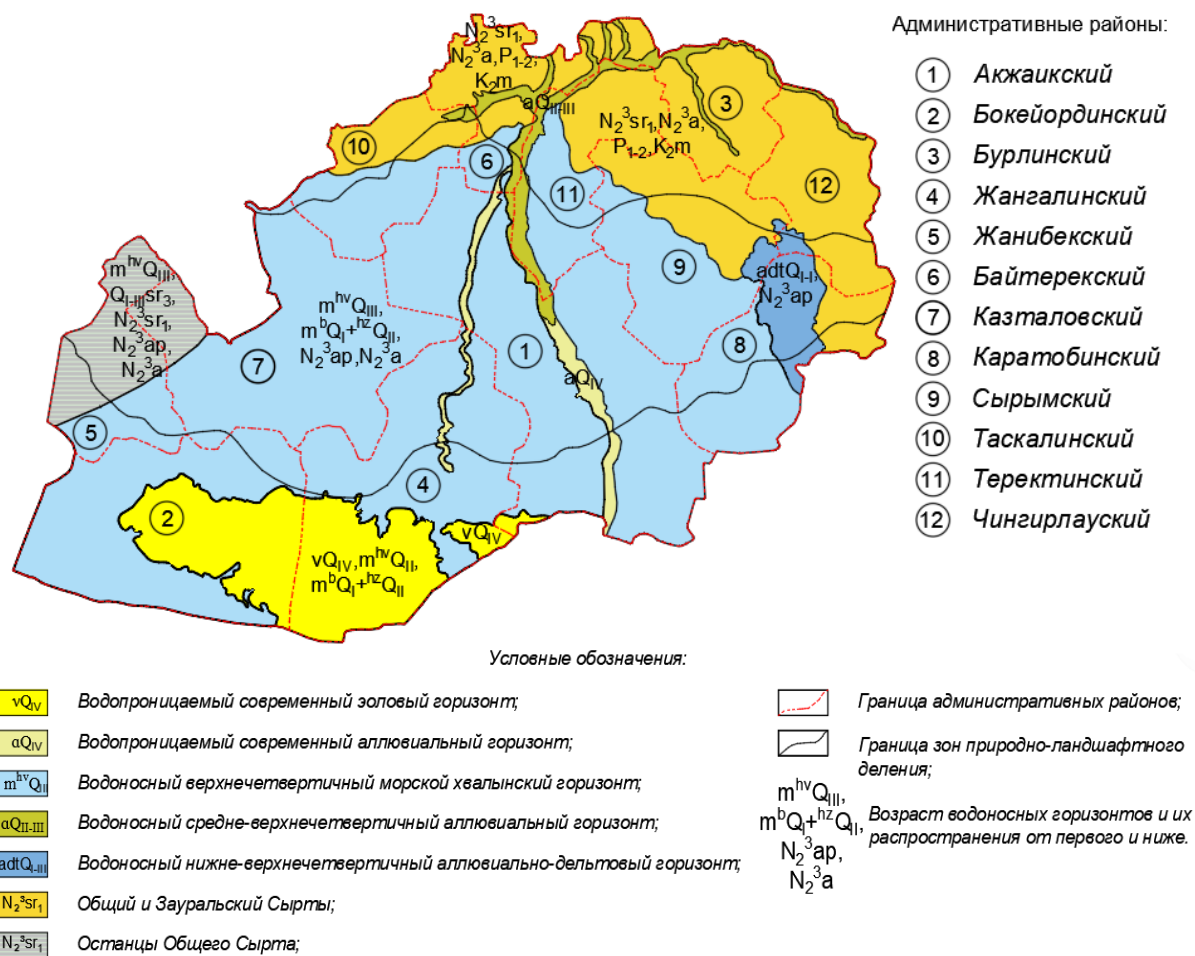


Рисунок 2 – Зонирование территории ЗКО по гидрогеологическим показателям источников воды

Условия формирования подземных вод на территории Западно-Казахстанской области определяются принадлежностью её к Северо-Каспийскому артезианскому бассейну II порядка северной части Прикаспийского артезианского бассейна I порядка. Одним из наиболее распространенных водоносных горизонтов на территории области является водоносный верхнечетвертичный морской хвалынский горизонт (северная часть территории Жангалинского, вся территория Казталовского, половина территории Таскалинского и Каратобинского, большая часть территории Акжаикского, Жанибекского, Сырымского и Бокейординского районов). Глубина обследованных колодцев 2-22,5 м, скважин 12-30 м, дебиты невысокие, по минерализации воды чаще солоноватые и соленые.

Водоносный нижне-среднечетвертичный морской бакино-хазарский горизонт распространен в южной части территории Теректинского, на половине территории Каратобинского, на большей части территории Акжаикского, Сырымского и Бокейординского районов. Глубина обследованных колодцев 4-21 м, скважин 16-30 м, дебиты невысокие, по минерализации воды чаще солоноватые и соленые.

Водоносный верхнеплиоценовый подсыртовый горизонт распространен на всей территории Казталовского, на большей части территории Жанибекского и Бокейординского, в южной части территории Теректинского, на половине территории Каратобинского и Таскалинского районов. Глубина обследованных колодцев 12-18 м, скважин 18-75 м, дебиты различные, по минерализации воды пресные, солоноватые и соленые. Водопроницаемый современный эоловый горизонт распространен на большей

части территории Бокейординского района. Глубина обследованных колодцев 1-5 м, дебиты различные, по минерализации воды чаще пресные и солоноватые. Водоносный верхнеплиоценовый акчагыльский горизонт распространен на всей территории Байтерекского, Казталовского и Бурлинского, половине территории Таскалинского, большей части территории Теректинского и Чингирлауского районов. Глубина обследованных скважин 40-120 м, дебиты различные, по минерализации воды солоноватые и соленые.

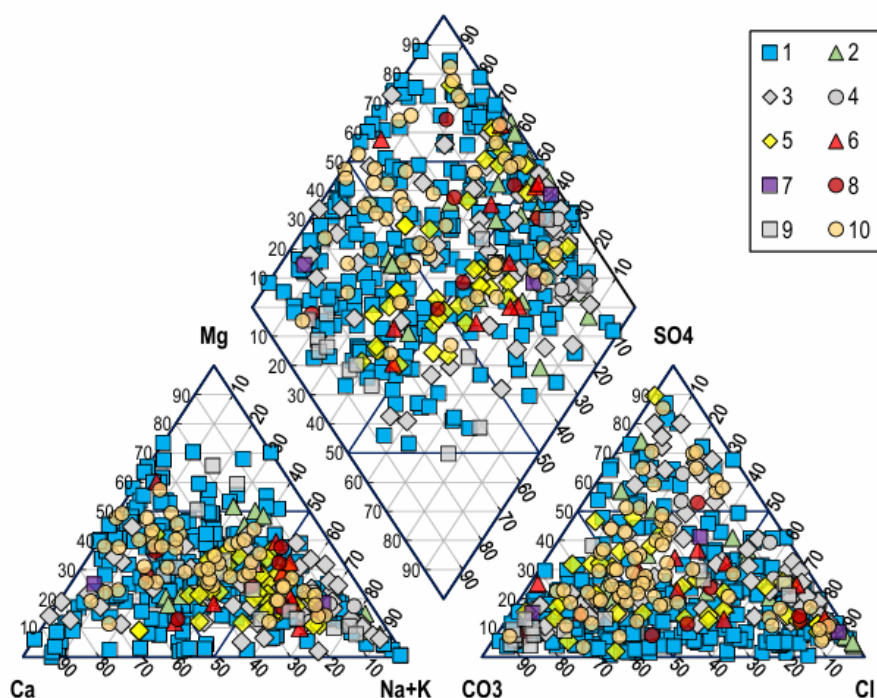
Водоносный верхнеплиоценовый апшеронский горизонт распространен на всей территории Казталовского, южной части территории Теректинского, большей части территории Жанибекского и Сырымского районов. Глубина обследованных скважин 45-80 м, дебиты незначительные, по минерализации воды реже пресные, чаще солоноватые и соленые. Водоносный верхнемеловой маастрихтский горизонт распространен на всей территории Байтерекского и Бурлинского, половине территории Таскалинского, северной части территории Сырымского, большей части территории Теректинского и Чингирлауского районов. Глубина обследованных скважин 40-60 м, дебиты высокие, по минерализации воды чаще пресные и солоноватые, реже соленые.

Водоносный средне-верхнечетвертичный аллювиальный горизонт распространен на всей территории Бурлинского, большей части территории Теректинского и Чингирлауского районов. Глубина обследованных колодцев 4,3-8,1 м, скважин 12-25 м, дебиты высокие, по минерализации воды пресные, солоноватые и соленые. Водоносный палеогеновый горизонт распространен на половине территории Таскалинского района. Глубина обследованных скважин 40-70 м, дебиты высокие, по минерализации воды чаще пресные и солоноватые, реже соленые. Водоносный нижне-верхнечетвертичный аллювиально-дельтовый горизонт распространен на половине территории Каратобинского, большей части территории Сырымского районов. Глубина обследованных колодцев 2,9-15 м, скважин 20-45 м, дебиты невысокие, по минерализации воды чаще пресные и солоноватые, реже соленые.

Локально-водоносный нижне-верхнечетвертичный горизонт верхней части сыртовой толщи распространен на всей территории Казталовского района. Глубина обследованных скважин 20-45 м, дебиты невысокие, по минерализации воды чаще солоноватые и соленые.

Диаграмма на рисунке 3 подтверждает высокую пестроту химического состава подземных вод Западно-Казахстанской области, обусловленную чередованием морских и континентальных условий осадконакопления. Хвалынский, бакино-хазарский, апшеронский и акчагыльский горизонты характеризуются повышенной минерализацией. В диаграмме они чаще всего в области хлоридно-натриевого состава из-за генезиса вмещающих пород. Точки в верхней части центрального ромба указывают на преобладание сульфатно-хлоридных вод с высокой жесткостью (характерно для глубоких и минерализованных горизонтов, таких как акчагыльский или хвалынский). Точки в правой части ромба отражают соленые воды натриевого состава (хлоридно-натриевые), что подтверждается данными по маастрихтскому и акчагыльскому горизонтам. Четвертичные аллювиальные и эоловые горизонты (современные и средне-верхнечетвертичные) содержат более пресные гидрокарбонатно-кальциевые воды.

Точки в левой части ромба соответствуют гидрокарбонатным кальциевым водам (типично для неглубоких пресных горизонтов, например, современных эоловых или аллювиальных отложений). Эоловые горизонты (пески) содержат ультрапресные или пресные гидрокарбонатные воды за счет быстрой инфильтрации атмосферных осадков. Локально-водоносные горизонты имеют смешанный состав, зависящий от интенсивности водообмена и инфильтрации поверхностных осадков.



1 – водоносный верхнечетвертичный морской хвалынский, ниже-среднечетвертичный морской бакино-хазарский горизонты; 2 – водоносный верхнеплиоценовый апшеронский горизонт; 3 – водоносный верхнеплиоценовый подсыртовый горизонт; 4 – локально-водоносный ниже-верхнечетвертичный горизонт верхней части сыртовой толщ (QI-III_{sr3}); 5 – водоносный верхнеплиоценовый акчагыльский горизонт; 6 – водоносный средне-верхнечетвертичный аллювиальный горизонт; 7 – водоносный верхнемеловой маастрихтский горизонт; 8 – локально-водоносный ниже-среднечетвертичный делювиальный горизонт; 9 – водоносный ниже-верхнечетвертичный аллювиально-дельтовый горизонт; 10 – водопроницаемый современный эоловый горизонт

Рисунок 3 – Гидрохимическая характеристика воды обследованных скважин и колодцев в Западно-Казахстанской области

Для обводнения пастбищ экономически выгодно использовать локальные водозаборы из близлежащих горизонтов с пресными или слабоминерализованными подземными водами. Ключевыми критериями при этом являются минерализация грунтовых вод, их дебит и глубина водозаборных сооружений.

Наиболее информативным представлением данных о ресурсах подземных вод и обеспеченности территории подземными водами является их картографическое отображение. Результаты гидрогеологического мониторинга пастбищных территорий и натурного обследования водозаборных узлов служат основой для создания карты подземных вод Казахстана в масштабе 1:200000. Данная карта отражает как наличие водных ресурсов, так и их текущее использование в целях обводнения (рисунок 4).

В настоящее время наблюдается значительное сокращение работ по изучению гидрогеологических и инженерно-геологических условий территории Республики Казахстан, особенно четко это проявляется в последние годы. Практически на нет сошли работы регионального плана, отсутствуют обобщающие опережающие работы с составлением прогнозных карт различного содержания, которые могли бы оказать значительную помощь при поисках и разведке различного типа подземных вод, целенаправленном планировании гидрогеологических и инженерно-геологических исследований и пр. [15]. Качество и количество подземных вод часто оказываются под угрозой из-за роста населения, разрастания городов, расширения сельскохозяйственных

угодий и экономического роста в последние десятилетия [16-19].

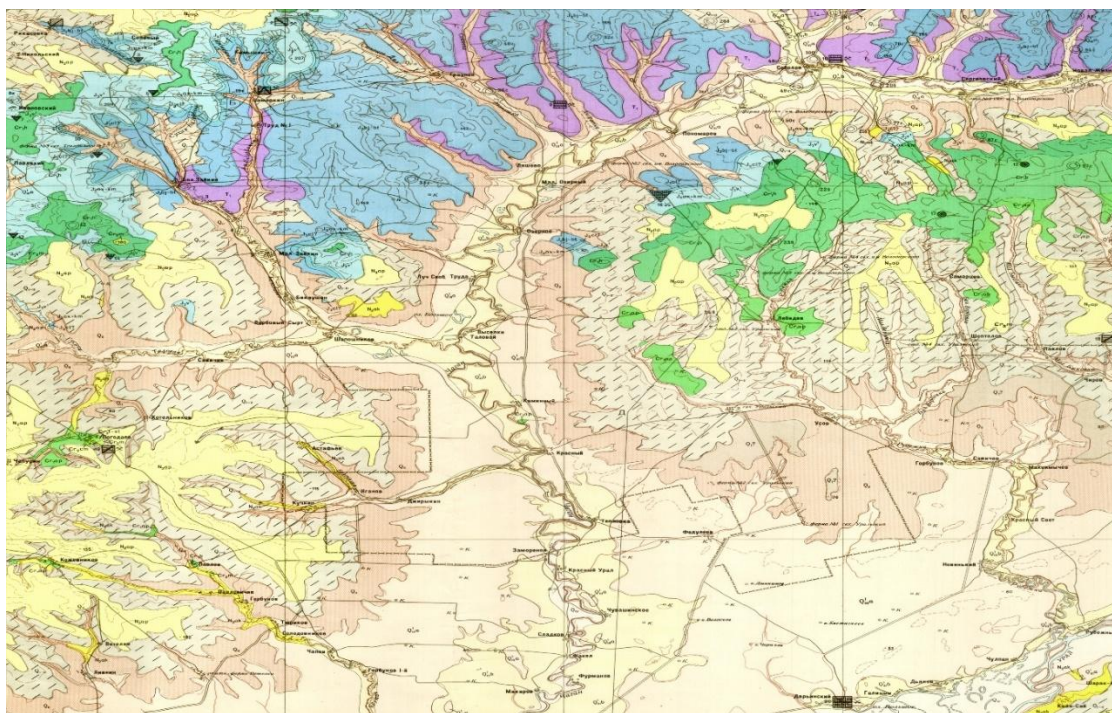


Рисунок 4 – Гидрогеологическая карта в масштабе 1: 200000

Закключение. Степень обводнения пастбищных территорий Западно-Казахстанской области определяется выраженной гидрохимической пестротой подземных горизонтов. В пределах Сыртового гидрогеологического района (север и северо-восток) пресные воды локализованы в отложениях плиоцена, верхнего мела и аллювия, в то время как мезозойские комплексы содержат преимущественно слабосолоноватые воды.

В Прикаспийском районе (южная и западная части) гидрогеологическая картина иная: обводнение опирается на разобщенные малообъемные линзы пресных вод четвертичного и плиоценового возраста. Исключение составляет юго-запад региона, где крупные скопления качественных вод приурочены к золовым пескам. Напротив, для равнинных слабодренированных участков характерно повсеместное распространение высокоминерализованных (соленых) вод. Небольшие ресурсы пресных вод также прослеживаются вдоль долины Урала и в неогеновых отложениях на западе области.

Финансирование. Данное исследование было профинансировано Министерством сельского хозяйства Республики Казахстан в 2024-2026 годы в рамках НТП BR22883585 «Разработка эффективных технологий повышения продуктивного потенциала и рационального использования пастбищ».

Литература:

- [1] Калиев, Г.А., Сабирова А.И., Никитина Г.А. Природные ресурсы стран центральной Азии, Кавказа, Казахстана и их региональная интеграция // Проблемы агрорынка, 2013. – № 3. – С. 5-12.
- [2] Lardner, H.A., Brault L., Schwartzkopf-Genswein K., Schwan-Lardner K., Damiran D., Darambazar E., 2013. Consumption and drinking behavior of beef cattle offered a choice of several water types. *Livestock Science*. Volume 157, Issues 2-3. Pages 577-585.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2013.08.016>

[3] **Калиев, Г.А.**, Сабинова А.И. Развитие пастбищного животноводства в Казахстане // Проблемы агрорынга, 2016. – С. 7-14.

[4] **Есполов, Т.**, Алимаев И., Калдыбаев С. Современное состояние пастбищ Казахстана и концепция их рационального использования / «Ізденістер, нәтижелер - Исследования, результаты», 2020. – №03 (087). – С. 5-11. <https://doi.org/10.37884/3-87-2020>

[5] **Татыбеков, А.**, Скоринцева И.Б., Басова Т.А. Оценка обводненности пастбищ Алматинской области Республики Казахстан / Сборник международн. научн.-практ. конф. «Управление водными ресурсами в условиях глобализации», посвященной 105-летию со дня рождения профессора Тажибаева Л.Е. – Алматы: КазНАИУ, 2021. – С. 174-180.

[6] О пастбищах. Закон Республики Казахстан от 20 февраля 2017 года №47-VI ЗРК.

[7] **Тореханов, А.А.** Использование пастбищных ресурсов Казахстана // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана, 2005. – №6. – С.26-28.

[8] Система ведения сельского хозяйства Западно-Казахстанской области. – Уральск, 2004. – 276 с.

[9] **Онаев, М.К.** Лиманы Западно-Казахстанской области. – Уральск: НЦНТИ, 2012.– 131 с.

[10] **Хожанов, Н.Н.**, Мирдадаев М.С., Устабаев Т.Ш., Исмаилов Б.Д., Кабыл Т.М. Некоторые вопросы обводнения пастбищ в Казахстане // В сборнике: Актуальные проблемы науки и техники. Инноватика. Сборник научных статей по материалам VI Международной научно-практической конференции. Уфа, 2021. С. 49-58. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды в Республике Казахстан за 2019 год.

[11] **Абсаметов, М.К.**, **Муртазин Е.Ж.** Состояние и перспективы использования подземных вод для сельского хозяйства Казахстана // Сборник Международной научно-практической конференции «Управление водными ресурсами в условиях глобализации», посвященной 105-летию со дня рождения профессора Тажибаева Л.Е. – Алматы: КазНАИУ, 2021. – С. 105-110.

[12] **Тореханов, А.А.**, Алимаев И.И., Оразбаев С.А. Лугопастбищное кормопроизводство – Алматы: Ғылым, 2008. – 446 с.

[13] **Абсаметов, М.К.**, Муртазин Е.Ж., Сапарғалиев Д.С., Исаев А.К. Подземные воды: система классификации и управления ресурсами // Глобальное недропользование, 2019. – С. 20-25.

[14] Государственный водный кадастр. Ресурсы поверхностных и подземных вод, их использование и качество. 2017 год. Ежегодное издание. Комитет по водным ресурсам, 2018.

[15] **Смоляр, В.А.**, Мустафаев С.Т. Результаты гидрогеологических исследований в Казахстане за последние 15 лет // Геология и охрана недр, 2013. – №2 (47). – С. 73-79.

[16] **Stevenazzi, S.** 2017. Time-dependent methods to evaluate the effects of urban sprawl on groundwater quality: a synthesis. Acque Sotteranee-Italian Journal of Groundwater, 6 (4) (2017). <https://doi.org/10.7343/as-2017-295>

[17] **Yan, H.**, N. Sun, M. Wigmosta, R. Skaggs, Z. Hou, R. Leung. 2018. Next-generation intensity-duration-frequency curves for hydrologic design in snow-dominated environments. Water Resour. Res., 54 (2) (2018), pp. 1093-1108. <https://doi.org/10.1002/2017WR021290>

[18] **Xu, K.**, L. Bin, X. Xu. 2019. Assessment of water resources sustainability in mainland China in terms of water intensity and efficiency. Environmental Management, 63 (3) (2019), pp. 309-321. <https://doi.org/10.1007/s00267-018-1098-2>

[19] **Liu, J.**, M. Li, M. Wu, X. Luan, W. Wang, Z. Yu. 2020. Influences of the south – to-north water diversion project and virtual water flows on regional water resources considering both water quantity and quality. Journal of Cleaner Production, 244 (2020), Article 118920. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118920>

References:

- [1] **Kaliev, G.A.**, Sabirova A.I., Nikitina G.A. Prirodnye resursy stran central'noj Azii, Kavkaza, Kazahstana i ih regional'naja integracija // Problemy agrorynka, 2013. – № 3. – S. 5-12. [in Russian]
- [2] **Lardner, H.A.**, Brault L., Schwartzkopf-Genswein K., Schwan-Lardner K., Damiran D., Darambazar E., 2013. Consumption and drinking behavior of beef cattle offered a choice of several water types. *Livestock Science*. Volume 157, Issues 2-3. Pages 577-585. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2013.08.016>
- [3] **Kaliev, G.A.**, Sabirova A.I. Razvitie pastbishhnogo zhivotnovodstva v Kazahstane // Problemy agrorynka, 2016. – S. 7-14. [in Russian]
- [4] **Espolov, T.**, Alimaev I., Kaldybaev S. Sovremennoe sostojanie pastbishh Kazahstana i koncepcija ih racional'nogo ispol'zovanija / «Izdenister, naitzheler - Issledovanija, rezul'taty», 2020. – №03 (087). – S. 5-11. <https://doi.org/10.37884/3-87-2020> [in Russian]
- [5] **Tatybekov, A.**, Skorinceva I.B., Basova T.A. Ocenka obvodnennosti pastbishh Almatinskoj oblasti Respubliki Kazahstan / Sbornik mezhdunarodn. nauchn.-prakt. konf. «Upravlenie vodnymi resursami v uslovijah globalizacii», posvjashhennoj 105-letiju so dnja rozhdenija professora Tazhibaeva L.E. – Almaty: KazNAIU, 2021. – S. 174-180. [in Russian]
- [6] O pastbishhah. Zakon Respubliki Kazahstan ot 20 fevralja 2017 goda №47-VI ZRK.
- [7] **Torehanov, A.A.** Ispol'zovanie pastbishhnyh resursov Kazahstana // Vestnik sel'skohozjajstvennoj nauki Kazahstana, 2005. – №6. – S.26-28. [in Russian]
- [8] Sistema vedenija sel'skogo hozjajstva Zapadno-Kazahstanskoj oblasti. – Ural'sk, 2004. – 276 s. [in Russian]
- [9] **Onaev, M.K.** Limany Zapadno-Kazahstanskoj oblasti. – Ural'sk: NCNTI, 2012. – 131 s. [in Russian]
- [10] **Hozhanov, N.N.**, Mirdadaev M.S., Ustabaev T.Sh., Ismailov B.D., Kabyl T.M. Nekotorye voprosy obvodnenija pastbishh v Kazahstane // V sbornike: Aktual'nye problemy nauki i tehniki. Innovatika. Sbornik nauchnyh statej po materialam VI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Ufa, 2021. S. 49-58. Informacionnyj bjulleten' o sostojanii okruzhajushhej sredy v Respublike Kazahstan za 2019 god. [in Russian]
- [11] **Absametov, M.K.**, Murtazin E.Zh. Sostojanie i perspektivy ispol'zovanija podzemnyh vod dlja sel'skogo hozjajstva Kazahstana // Sbornik Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Upravlenie vodnymi resursami v uslovijah globalizacii», posvjashhennoj 105-letiju so dnja rozhdenija professora Tazhibaeva L.E. – Almaty: KazNAIU, 2021. – S. 105-110. [in Russian]
- [12] **Torehanov, A.A.**, Alimaev I.I., Orazbaev S.A. Lugopastbishhnoe kormoproizvodstvo – Almaty: Fylym, 2008. – 446 s. [in Russian]
- [13] **Absametov, M.K.**, Murtazin E.Zh., Sapargaliev D.S., Isaev A.K. Podzemnye vody: sistema klassifikacii i upravlenija resursami // Global'noe nedropol'zovanie, 2019. – S. 20-25. [in Russian]
- [14] Gosudarstvennyj vodnyj kadastr. Resursy poverhnostnyh i podzemnyh vod, ih ispol'zovanie i kachestvo. 2017 god. Ezhegodnoe izdanie. Komitet po vodnym resursam, 2018. [in Russian]
- [15] **Smoljar, V.A.**, Mustafaev S.T. Rezul'taty gidrogeologicheskikh issledovanij v Kazahstane za poslednie 15 let // Geologija i ohrana neдр, 2013. – №2 (47). – S. 73-79. [in Russian]
- [16] **Stevenazzi, S.** 2017. Time-dependent methods to evaluate the effects of urban sprawl on groundwater quality: a synthesis. *Acque Sotterranee-Italian Journal of Groundwater*, 6 (4) (2017). <https://doi.org/10.7343/as-2017-295>
- [17] **Yan, H.**, N. Sun, M. Wigmosta, R. Skaggs, Z. Hou, R. Leung. 2018. Next-generation intensity-duration-frequency curves for hydrologic design in snow-dominated environments. *Water Resour. Res.*, 54 (2) (2018), pp. 1093-1108. <https://doi.org/10.1002/2017WR021290>
- [18] **Xu, K.**, L. Bin, X. Xu. 2019. Assessment of water resources sustainability in mainland China in terms of water intensity and efficiency. *Environmental Management*, 63 (3) (2019), pp. 309-321. <https://doi.org/10.1007/s00267-018-1098-2>
- [19] **Liu, J.**, M. Li, M. Wu, X. Luan, W. Wang, Z. Yu. 2020. Influences of the south – to-north water diversion project and virtual water flows on regional water resources considering both

БАТЫС ҚАЗАҚСТАН ОБЛЫСЫНДА ЖАЙЫЛЫМДАРДЫ ЖЕР АСТЫ СУЛАРЫМЕН СУЛАНДЫРУ

Оңаев М.Қ., техника ғылымдарының кандидаты, профессор
Ожанов Г.С., ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты
Шадьяров Т.М., техника ғылымдарының магистрі
Денизбаев С.Е., ауыл шаруашылығы ғылымдарының магистрі
Умбеткалиев Н.М., биология магистрі

Әзбергенов Ә.А., 7М07302 – «Жерге орналастыру» БББ-ның 2-курс магистранты

*Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті, Орал қ.,
Қазақстан*

Андатпа. Батыс Қазақстан облысы – аграрлық сектор шешуші рөл атқаратын елдің стратегиялық маңызды өңірі. Мұнда мал шаруашылығына ерекше назар аударылады. Қазіргі уақытта өңірде жайылымдық шаруашылықты жаңғырту бойынша жоспарлы жұмыс жүргізілуде. Бұл жайылым алаңдарын кеңейтуге және жер ресурстарын неғұрлым ұтымды пайдалану үшін шалғайдағы мал шаруашылығының әдістерін енгізуге мүмкіндік береді.

Соңғы онжылдықтарда мал басының тұрақты өсуі өңірдің жайылымдық жерлерінің барлық әлеуетін тиімді пайдалану проблемасын көтерді. Жер ресурстарын барынша пайдалану жайылымдық жерлерді суландыру мүмкіндігімен шектеледі. Жайылымдық жерлерді алдын ала суландырмай толық пайдалану мүмкін емес.

Батыс Қазақстан облысының жайылымдық жерлерін суландыру көздері табиғи суландыру көздерімен (өзендер, көлдер, арқалық-жыра желісі) және суару-суландыру каналдары, тоған қазбалары, ұңғымалар және шахта құдықтары түрінде ұсынылған жасанды көздермен ұсынылған.

Мақалада Батыс Қазақстан облысындағы жайылымдарды жер асты суларымен суландыру жағдайы қарастырылған. Облыстың жайылымдарын суландырудың жерасты көздерінің мониторингі негізінде олардың сандық-сапалық параметрлері талданды. Жер асты су көздерінің орналасуында белгілі бір зоналылық бар, әртүрлі геологиялық горизонттарға сәйкес келетін әр түрлі тереңдікте көрінеді және судың минералдануының кең өзгеруімен ерекшеленеді. Жұмыста жайылымдық жерлердің гидрогеологиялық және гидрохимиялық мониторингінің қорытындылары баяндалған. Су қорларының өзекті жай-күйін бағалау қолданыстағы жерасты су қабылдағыштарын зерттеу негізінде жүргізілді. Батыс Қазақстан облысының аумақтарды одан әрі суландыру үшін барынша әлеуеті бар сулы горизонттары қосымша айқындалды.

Тірек сөздер: шалғайдағы мал шаруашылығы, жайылымдарды суландыру, жер асты сулары, құдықтар, судың минералдануы.

WATERING OF PASTURES WITH GROUNDWATER IN THE WEST KAZAKHSTAN REGION

Ongayev M.K., candidate of technical sciences, professor

Ozhanov G.S., candidate of agricultural sciences

Shadyarov T.M., master of technical sciences

Denizbayev S.E., master of agricultural sciences

Umbetkaliyev N.M., master of biological sciences

Azbergenov A.A., 2nd year master's student of the educational program 7M07302 – "Land Management"

West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan, Uralsk city, Kazakhstan

Abstract. The West Kazakhstan region is a strategically important region of the country where the agricultural sector plays a key role. Special attention is paid to animal husbandry here. Currently, systematic work is underway in the region to modernize the pasture economy. This will allow for the expansion of grazing areas and the introduction of animal husbandry methods for a more rational use of land resources.

The steady growth of livestock numbers over the past decades raises the problem of effectively using the full potential of the region's pasture lands. The maximum use of land resources is limited by the possibility of irrigation of pasture lands. Full-fledged use of pasture lands is impossible without their preliminary watering.

The sources of irrigation of the pasture lands of the West Kazakhstan region are represented by natural sources of irrigation (rivers, lakes, gullies) and artificial sources, represented in the form of irrigation and irrigation channels, ponds, wells and mine wells.

The article considers the state of irrigation of pastures by groundwater in the West Kazakhstan region. Based on the monitoring of underground sources of irrigation of the region's pastures, their quantitative and qualitative parameters were analyzed. Underground springs have a certain zonality in their location, manifest themselves at different depths corresponding to different geological horizons, and are characterized by a wide variation in water mineralization. The paper presents the results of hydrogeological and hydrochemical monitoring of pasture lands. The assessment of the current state of water reserves was carried out on the basis of a survey of existing underground water intakes. Additionally, the aquifers of the West Kazakhstan region, which have the greatest potential for further flooding of territories, have been identified.

Keywords: animal husbandry, watering of pastures, groundwater, wells, water mineralization.

THE EFFECT OF *PSEUDOMONAS* BACTERIA ON THE ANTIOXIDANT SYSTEM OF PLANTS UNDER CONDITIONS OF HEAVY METAL CONTAMINATION

Ramazanova A.A.^{*1}, PhD

aliya.ramazanova01@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4224-966X>

Yernazarova G.I.² Candidate of Biological Sciences, Professor

gulzimadina05@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2319-7040>

Kabdrakhmanova S.K.³, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

sanaly33@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5760-2967>

Aisakulova Kh.R.⁴, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

hairinissa@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9111-6399>

Kulbekova A.A.¹, PhD Student of the Educational Program 8D01504 – «Biology»

kulbekova.aiman@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8090-3634>

Tursynali K.¹, 2nd year master's student of the educational program 7M01505 – «Biology»

kushtar1206@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-7569-8421>

¹ Kazakh National Women's Teacher Training University, Almaty, Kazakhstan

² Farabi University, Almaty, Kazakhstan

³ Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

⁴ LLP «ARMA Ltd», Almaty, Kazakhstan

Annotation. This study investigated changes in the antioxidant system of *Phaseolus vulgaris* plants grown in a medium contaminated with heavy metals (Cu, Cd, Zn) and *Pseudomonas spp.*, with the aim of evaluating the bioremediation effect of the bacterial consortium. The results showed that in the control group, antioxidant activity was 25% in the roots, 24% in the leaves, and 27% in the stems. Upon exposure to copper (Cu 0.01), these values increased significantly to 59%, 56%, and 57%, respectively, indicating activation of the antioxidant system in response to severe oxidative stress. When the copper concentration was reduced (Cu 0.001), antioxidant activity decreased to 14% in roots, 11% in leaves, and 18% in stems. In the case of cadmium (Cd 0.01), the values were 19%, 15%, and 18%, whereas in the Cd 0.001 treatment, an increase to 25% in leaves and 31% in stems was observed. Antioxidant activity decreased under zinc (Zn 0.01) exposure and amounted to 11% in roots, 4% in leaves, and 14% in stems, while the lowest values were recorded at Zn 0.001 (3%; 1.73%; 8%). The use of the *Pseudomonas spp.* consortium increased plant resistance to heavy metals and contributed to the stabilization of the antioxidant system. Overall, the results demonstrate that these bacteria can be used as an effective bioremediation agent by biosorbing heavy metal ions and reducing oxidative stress in plants.

Keywords: Heavy metals, *Pseudomonas spp.*, antioxidant activity, bioremediation, *Phaseolus vulgaris*, stress responses.

Introduction. Heavy metal pollution is one of the most pressing issues affecting modern ecosystems. Due to the extensive use of chemicals in agriculture and industrial activities, heavy metals such as lead (Pb), cadmium (Cd), copper (Cu), and zinc (Zn) accumulate in soils at elevated concentrations. These metals are non-biodegradable and persist in the soil for long periods, posing significant risks to plant systems. Heavy metal toxicity disrupts key physiological and biochemical processes in plants, leading to impaired growth and development.

Heavy metals are a group of persistent inorganic chemical compounds with an atomic mass greater than 20 and a density greater than 5 g/cm³, which are non-biodegradable. They have cytotoxic, genotoxic and mutagenic effects on humans, animals and plants, and also affect food chains, soil, irrigation and drinking water, groundwater and the atmosphere by contaminating them. Metals found in soil are divided into two groups: trace elements

necessary for normal plant growth (Fe, Mn, Zn, Cu, Mg, Mo and Ni) and non-essential elements whose biological or physiological functions are not fully understood (Cd, Sb, Cr, Pb, As, Co, Ag, Se and Hg). Plants can absorb heavy metals through their above-ground and underground parts. Essential elements play a crucial role in the structure of enzymes and proteins. Plants require small amounts of these elements for growth, metabolism, and development. However, the concentration of essential and non-essential metals is one of the key factors in plant growth, as an excess of these metals can lead to slowed or stunted growth. Toxic concentrations of heavy metals disrupt normal plant functioning and affect metabolic processes in various ways. Such effects include the destruction or displacement of structural protein components (resulting from the binding of heavy metals to sulfhydryl groups), inhibition of functional groups of important cellular molecules, displacement or disruption of the function of essential metals in biomolecules such as pigments and enzymes, as well as adverse effects on the integrity of the cytoplasmic membrane. As a result, vital processes such as photosynthesis, respiration, and enzymatic activity are inhibited. In addition, high levels of heavy metals increase the formation of reactive oxygen species (ROS). These include the superoxide radical (O_2^-), the hydroxyl radical ($OH^\cdot$), as well as non-radical compounds—singlet oxygen (O_2) and hydrogen peroxide (H_2O_2)—and cytotoxic compounds such as methylglyoxal (MG). These compounds disrupt the balance between pro-oxidants and antioxidants in plant cells, causing oxidative stress [1].

The results of various studies indicate that the conclusions regarding the effects of heavy metals on plants are well-founded. Sharma and his colleagues found that heavy metals disrupt the processes of photosynthesis, gas exchange, and nutrient uptake, thereby reducing plant growth and dry biomass accumulation [2]. A meta-analysis conducted by Antonio Rodrigues da Cunha Neto and his colleagues studied the effects of aluminum and lead, showing that they reduce photosynthetic rates and chlorophyll b levels in various plant species [3]. Hui-hui Zhang and colleagues [4] demonstrated that cadmium stress inhibits the activity of enzymes responsible for chlorophyll synthesis in tobacco leaves, while Salla Hemadri Reddy and colleagues [5] confirmed that chlorophyll content decreases as heavy metal concentrations increase (0–250 ppm).

From a mechanistic perspective, Riyazuddin and his colleagues found that heavy metals accelerate chlorophyll degradation by promoting the formation of reactive oxygen species (ROS), increasing the activity of the enzyme chlorophyllase, and displacing the central magnesium (Mg) ion in the chlorophyll molecule [6]. R. Sayed and his colleagues described the formation of reactive oxygen species, such as the superoxide radical (O_2^-), the hydroxyl radical ($OH^\cdot$), and hydrogen peroxide (H_2O_2), and demonstrated that these lead to oxidative stress and cellular damage [7]. In addition, A. Shomali and colleagues confirmed that heavy metal stress disrupts pigment biosynthesis and the activity of the photosynthetic electron transport chain [8]. Heavy metals—both those with redox activity (Fe, Cu) and those without (Cd, Pb, Zn)—increase the formation of reactive oxygen species (superoxide radicals, hydroxyl radicals, H_2O_2) in plant cells. This leads to lipid peroxidation, protein oxidation, DNA damage, and disruption of membrane integrity [9,10]. While redox-competent metals generate ROS directly through the Fenton and Haber-Weiss reactions, redox-incompetent metals such as Cd and Pb do so indirectly by inhibiting the activity of antioxidant enzymes, displacing necessary cations, or stimulating NADPH oxidases [11]. Plants respond to this stress with a two-way antioxidant defense mechanism: enzyme activity increases at low and moderate metal concentrations, whereas at higher levels the system becomes overloaded, and activity decreases. A study on wheat showed that SOD activity reached 148% of the control level at 75 μ M Cd and decreased by 72% at 300 μ M. CAT activity reached 131% at 150 μ M Pb and decreased by 68% at 500 μ M. Malondialdehyde, a marker of lipid peroxidation,

increased in a dose-dependent manner, confirming the progression of oxidative damage beyond the capacity of the defense system [12].

The stress response varies depending on the metal, the plant organ, and the species. In wheat seedlings exposed to cadmium, SOD activity was not observed in the roots at a cadmium concentration of 50 μM , whereas POX activity in the stems increased ninefold, indicating that each organ utilizes different enzymes [13]. Although a 50 μM concentration of Cd in corn increased the activity of CAT, POD, APX, and SOD, the rise in ROS marker levels indicated an insufficient antioxidant response [14]. In *Atriplex* species exposed to Cu, Ni, Pb, and Zn, SOD and APH activity decreased, while CAT and GR activity increased, indicating the existence of functional compensatory mechanisms among the enzymes [15]. In *Arabidopsis*, POD activity decreased during the first 2 hours of heavy metal exposure but increased after 12 hours, suggesting that POD and CAT may partially substitute for one another at different stages of stress [16].

Non-enzymatic antioxidants—glutathione (GSH) and ascorbate (AsA)—play a key role by acting as direct scavengers of reactive oxygen species and serving as substrates for the AsA-GSH cycle [17]. Glutathione (GSH) is also a precursor to phytochelatins (PCs), which regulate heavy metal concentrations in vacuoles by chelating them, playing a dual role in neutralizing reactive oxygen species and binding metals [18]. A study on durum wheat varieties showed that cadmium exposure increases the activity of the ascorbic acid-glutathione cycle enzymes in a dose-dependent manner not only in the roots (where cadmium accumulates) but also in the leaves, suggesting the presence of a systemic signaling mechanism [19]. In addition to GSH and AsA, α -tocopherol, carotenoids, phenols, and flavonoids also contribute to this protective effect: tocopherol protects membranes from lipid peroxidation, while carotenoids neutralize singlet oxygen [20]. Studies have shown that resistance to metals depends on the ability to activate both branches of the antioxidant system at high levels. To enhance crop tolerance to metals and optimize phytoremediation, transgenic and biotechnological approaches aimed at enhancing GSH synthesis or increasing the expression of antioxidant enzymes are being studied [21]. Bioremediation methods utilize various microorganisms, such as bacteria and fungi, to degrade or remove toxins from the environment through their metabolic processes. Although the role of bacterial communities in agricultural management has not been fully studied, microbial remediation technologies offer clear advantages. Plant-growth-promoting rhizosphere bacteria (PGPR), which primarily promote plant growth, have emerged as a promising platform for enhancing productivity, improving nutrient bioavailability, suppressing diseases, and improving soil health. PGPR represent a broad area of research within the field of microbial remediation technologies. Several researchers have reported that PGPR can absorb heavy metals, remove contaminants from the soil, or convert them into less toxic forms. These microorganisms have developed several mechanisms for surviving in soils contaminated with heavy metals and restoring the environment.

The success of heavy metal bioremediation depends on the potential of microorganisms. Plant-growth-promoting rhizobacteria are capable of surviving in soils contaminated with heavy metals; therefore, the use of these bacteria supports bioremediation. These bacteria are rhizosphere-associated and play a key role in the interaction between soil and roots, remediating contaminated soils through various mechanisms. PGPR (plant-growth-promoting bacteria) strains are beneficial microorganisms that influence the bioavailability of heavy metals. By secreting various metabolic compounds, PGPR play an important role in ensuring the removal and dissolution of heavy metals. Several studies have shown that rhizobacterial strains increase biomass and possess high potential for resistance to heavy metals [22].

In his research, Ruiz-Hernández demonstrated that the beneficial effects of introducing *Pseudomonas* bacteria through bioincubation stem from their ability to adapt to hazardous

environments contaminated with heavy metals, herbicides, or fertilizers. Many *Pseudomonas* strains are capable of degrading hydrocarbons, nitrogenous compounds, and herbicides, which helps reduce plant growth time. For example, *P. protegens* can degrade 80% of glyphosate, glufosinate, and phosphine regardless of the presence or absence of iron atoms. One of the key properties of *Pseudomonas* bacteria is their ability to dissolve or break down various pollutants, including hydrocarbons, nitrogenous compounds, and herbicides. This property not only neutralizes environmental toxins but also significantly reduces the time required for optimal plant growth [23].

Accordingly, the aim of our study is to comprehensively investigate the effect of *Pseudomonas* bacteria on the antioxidant defense system, biochemical indicators, and physiological parameters of plants in soils contaminated with heavy metals (Cu, Zn, Cd), as well as to determine the mechanisms of their adaptation and the effectiveness of bioremediation under conditions of heavy metal-induced stress.

Materials and Methods. The study design involved assessing changes in biometric parameters, pigment content, and enzymatic and antioxidant activity in bean plants under laboratory conditions following exposure to cadmium, copper, and zinc salts. The bioremediation efficiency of *Pseudomonas* strains was also determined, including their ability to biosorb and immobilize heavy metal ions, as well as to reduce stress responses in plants. The experiment used bean seeds, 300±20 g of pre-sifted soil dried at 105°C for 24 hours, and salts of Cd(NO₃)₂·4H₂O, Cu(OH)₂ and ZnSO₄·7H₂O at molar concentrations of 0.01 and 0.001 as sources of heavy metals, distilled water, and strains of *Pseudomonas putida* 1SL and *P. fluorescens* 4S (as a consortium). The bean seeds were grown in plastic containers with a capacity of 0.3–0.5 liters. Work with bacterial cultures was conducted in full compliance with biosafety regulations. The study lasted between 7 and 21 days.

Method of biometric analysis of plants. In this biometric analysis, common bean plants (*Phaseolus vulgaris*) are grown under conditions of heavy metal exposure (cadmium Cd(NO₃)₂, copper CuSO₄·5H₂O, zinc ZnSO₄·7H₂O), and the effect of these metals on plant growth is assessed. Pre-moistened soil is treated with 0.01 M and 0.001 M solutions of a specified amount of metal salts (e.g., 20 mL per 280 g of soil), while the control is left without metals. Disinfected seeds (1% KMnO₄, 5 min) are sown, seedlings are thinned to one plant per pot, and grown for 3–4 weeks under identical conditions of light, temperature, and humidity. The study results showed that the biometric parameters of each plant were measured after removing one leaf, the stem, and the root. Plant height and root length (cm) were measured, as well as leaf area (cm²). The results of the analyses were calculated as the mean value and standard error based on at least 3–5 replicates for each treatment, and growth inhibition was determined using the formula $I = (L_k - L_o)/L_k \times 100$, (where L is the length of plant organs, k is the control, and o is the effect of heavy metals). To assess the bioremediation effect, a *Pseudomonas* suspension was applied and analyzed in comparison with the control.

Determination of the pigment composition of plants. An ethanol extract of pigments was prepared from bean leaves, followed by centrifugation and adjustment of the extract volume to a fixed value. Pigment content was determined spectrophotometrically using a “Fotometer-KFK-3” instrument. The concentrations of chlorophyll a, chlorophyll b, and their total content were calculated using Vernon’s formulas. The carotenoid content was determined using the Holm–Wettstein formula. Pigment concentrations in plant material (mg/g) were calculated using a general formula, taking into account the extract volume and sample mass [24].

A method for determining peroxidase activity in plants. Under laboratory conditions, the effect of heavy metals on peroxidase activity in plants was assessed using the method developed by A.N. Boyarkin. The enzyme was extracted from plant tissues using an acetate

buffer solution (pH 4.7), followed by centrifugation. Peroxidase activity was determined spectrophotometrically using a “Fotometr-KFK-3” instrument. Enzyme activity was calculated using Boyarkin’s formula, taking into account the optical density of the solution, the volume of the extract, the dilution factor, the sample mass, the cuvette thickness, and the reaction time [25].

Method for determining the antioxidant activity of plants. To prepare the samples for analysis, the plant specimens were ground into a powder, after which a 1.0000 g sample was taken and 50 mL of double-distilled water heated to 100 °C was added. The mixture was allowed to stand for 5 minutes, then filtered. The antioxidant activity of the plant under study was assessed based on its ability to inhibit the auto-oxidation of epinephrine and thereby prevent the formation of reactive oxygen species. To do this, 0.2 mL of a 0.1% (5.46 mM) pharmaceutical solution of epinephrine hydrochloride was added to 4 mL of 0.2 M sodium carbonate buffer, pH=10.65; the mixture was thoroughly and rapidly stirred, placed in a KFK-3 KM spectrophotometer, and the optical density was measured every 30 seconds for 10 minutes at a wavelength of 347 nm in a 10-mm-thick cuvette (A_1). Next, 0.06 ml of the test extract and 0.2 ml of 0.1% adrenaline hydrochloride were added to 4 ml of buffer, mixed, and the optical density was measured as described above (A_2). To take into account the influence of the intrinsic color of the extracts, which absorb a certain wavelength in the visible part of the spectrum, a buffered solution of the extract without adrenaline was used as a reference solution. The antioxidant activity (AA) of the studied plant extracts was expressed as a percentage of inhibition of adrenaline autooxidation and calculated using the formula: $AA = (A_1 - A_2) \times 100 / A_1$. An AA value of more than 10% indicates the presence of antioxidant activity [26].

Results and Discussion. Heavy metal contamination of agricultural soils poses a significant threat to crop yields and food security. Toxic elements such as Cd, Cu, and Zn impair plant growth, induce oxidative stress, and disrupt physiological processes in crops such as *Phaseolus vulgaris*. In recent years, plant-growth-promoting rhizobacteria, particularly *Pseudomonas spp.*, have attracted attention due to their potential to enhance plant resistance to abiotic stresses. These microorganisms can modulate antioxidant defense systems, enhance enzymatic activity, and stabilize cellular metabolism under metal stress conditions. Therefore, the aim of this study was to evaluate the effect of *Pseudomonas spp.* on biometric traits, enzymatic activity, antioxidant responses, and pigment composition in *Phaseolus vulgaris* under heavy metal stress. The effect of heavy metals on the biometric parameters of *Phaseolus vulgaris* plants was clearly evident and depended on the type and concentration of the metal (Table 1).

Table 1 – The effect of heavy metals on plant biometric parameters and the restorative effect of bacteria of the genus *Pseudomonas spp.*

Growth parameters	Control	Zn 0.01M	Zn 0.001M	Cu 0.01M	Cu 0.001M	Cd 0.01M	Cd 0.001M
Stem length (cm)	36± 1.8	28± 1.4	29± 1.45	55± 1.75	24.8± 1.24	32± 1.6	34.5± 1.73
Root length (cm)	6.9±0.35	14.5± 0.73	7± 0.35	6.5± 0.33	21± 1.05	11± 0.55	22.5± 1.13
Leaf area/(cm ²)	3.75±0.19	3.5± 0.18	2.3± 0.12	1.7± 0.09	2.75± 0.14	3± 0.15	2.6± 0.13
Number of leaves (n)	5± 0.25	8 ± 0.4	3 ± 0.15	8 ± 0.4	5 ± 0.25	6 ± 0.3	5 ± 0.25

The greatest stem length was recorded in the treatment with a Cu concentration of 0.01

M (55 ± 1.75 cm), which was significantly greater than that of the control (36 ± 1.8 cm). This indicates that copper ions at low concentrations can stimulate plant growth. However, under the influence of Zn and Cd, stem length generally decreased or remained close to control values. Root length proved to be a sensitive indicator of heavy metal exposure. An increase in root length was observed following treatment with 0.01 M Zn (14.5 ± 0.73 cm) and 0.001 M Cd (22.5 ± 1.13 cm), which may indicate an adaptive response to stress or the influence of rhizosphere microorganisms, including *Pseudomonas* spp., whereas a decrease in root length (6.5 ± 0.33 cm) following treatment with 0.01 M Cu indicates a toxic effect. Overall, leaf area decreased under the influence of all heavy metals, particularly in the treatment with a Cu concentration of 0.01 M (1.7 ± 0.09 cm²), indicating inhibition of the photosynthetic apparatus. Although an increase in the number of leaves was observed in some treatments (0.01 M Zn and 0.01 M Cu), this parameter does not fully characterize the plant's overall physiological condition and may represent a compensatory response under stress conditions.

Overall results showed that heavy metals have a dose-dependent effect on plant biometric parameters: high concentrations inhibit growth, whereas low concentrations sometimes trigger an adaptive response. In addition, a consortium consisting of *Pseudomonas putida* 1SL and *P. fluorescens* 4S strains significantly reduced the toxic effects of heavy metal ions. By biosorbing and chelating metal ions in the rhizosphere, these bacteria limited their uptake by the plant and restored the morphological parameters of the stem, root, and leaf.

The activity of plant antioxidant and enzymatic defense systems and the influence of *Pseudomonas* bacteria under heavy metal stress. The plant enzymatic system is one of the primary biochemical mechanisms regulating all of their physiological and metabolic processes. Enzymes control the rate of such important reactions as photosynthesis, respiration, and nitrogen and carbon metabolism. However, excessive accumulation of heavy metals (Cd, Pb, Cu, Zn, Hg, etc.) in the environment significantly impairs the normal functioning of plant enzymes.

Exposure to heavy metals alters the activity of enzymes involved in general metabolism, such as amylase, protease, and peroxidase. Heavy metal ions undergo substitution reactions with the protein component of enzymes or cofactors (e.g., Mg^{2+} , Fe^{2+}), disrupting their functional state. This leads to enzyme destabilization and the occurrence of substrate-nonspecific reactions [27]. Several studies have shown that enzyme activity depends on the type, concentration, and species of plant containing the heavy metal. For example, copper ions can act as stimulants of certain enzymes at low concentrations, while at high concentrations, they can be toxic. This phenomenon is important for studying plant adaptation mechanisms and provides insight into bio indication processes in ecosystems contaminated with heavy metals [28]. The study is directed toward evaluating the bioremediation potential of a *Pseudomonas* spp. bacterial consortium in reducing plant stress responses by determining peroxidase enzyme activity and antioxidant properties in *Phaseolus vulgaris* plants grown under heavy metal (copper, zinc, and cadmium) exposure.

Exposure to heavy metals affected changes in enzyme activity to varying degrees depending on the type and concentration of the metal, but these changes could be modulated to some extent by the presence of *Pseudomonas* bacteria in the rhizosphere (Figure 1). In the control treatment, enzyme activity was 0.0056 $\mu\text{mol/min}$. Under the influence of zinc, the increase in activity to 0.0059 $\mu\text{mol/min}$ at a concentration of 0.01 M can be explained by the ability of *Pseudomonas* bacteria to activate enzyme systems and increase the bioavailability of trace elements, whereas the decrease observed at 0.001 M is associated with a change in stress levels to 0.0051 $\mu\text{mol/min}$. Although the sharp decrease in enzyme activity from 0.01 M to 0.0014 $\mu\text{mol/min}$ in the presence of copper indicates its high toxicity, the fact that the activity approaches the control level at concentrations ranging from 0.001 M to 0.0056 $\mu\text{mol/min}$ is likely due to the immobilization of metal ions by *Pseudomonas* bacteria and the

attenuation of the toxic effect.

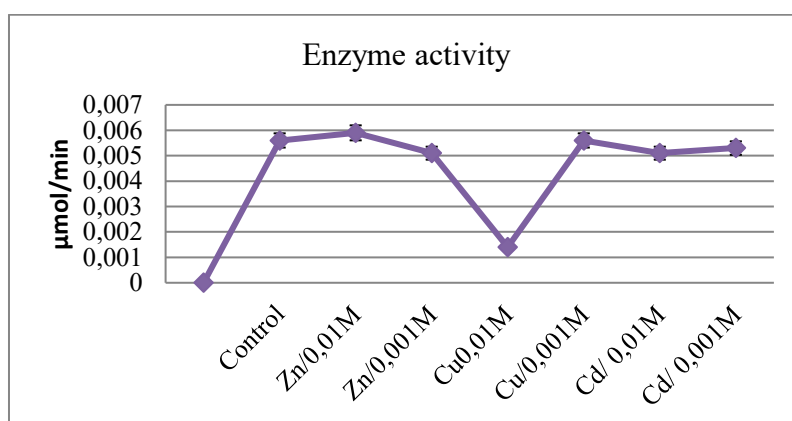


Figure 1 – The activity of plant defense enzyme systems and the effect of *Pseudomonas* spp. bacteria under heavy metal stress

In the case of cadmium, a slight decrease in enzyme activity was observed at concentrations of 0.01 M and from 0.001 M to 0.0051–0.0053 μmol/min, but the relative stability of these indicators suggests that *Pseudomonas* bacteria can increase plant resistance to stress by stimulating biosorption and antioxidant systems. Overall, the results obtained demonstrate that *Pseudomonas* bacteria play an important role in mitigating the negative effects of heavy metals on enzymatic systems and maintaining the physiological stability of plants.

The antioxidant system of plants exposed to heavy metals underwent significant changes, with these changes varying depending on the type and concentration of the metal, as well as the plant organ. In the control group, antioxidant activity was approximately 25% in the root, 24% in the leaf, and 27% in the stem, indicating a normal physiological state of the plant (Figure 1).

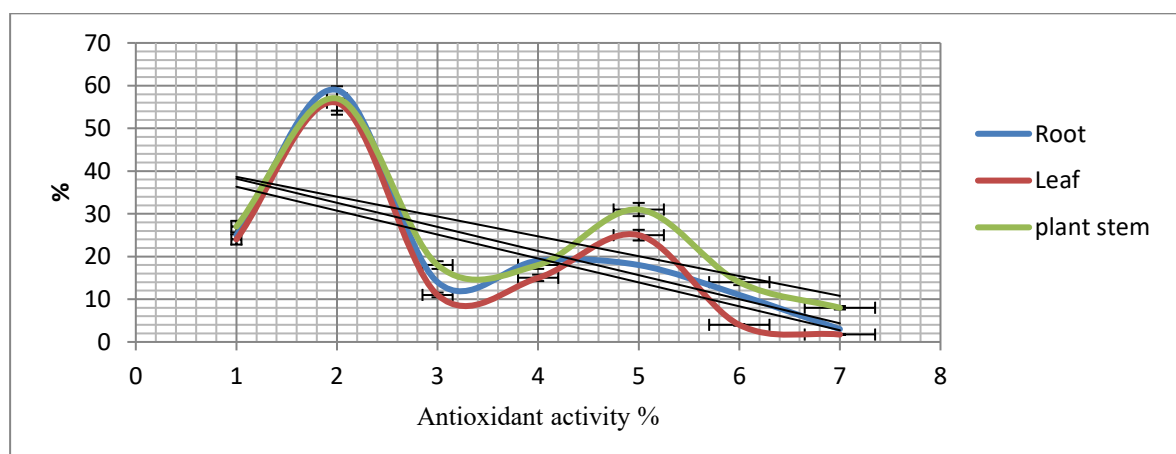


Figure 2 – Antioxidant protection activity of plants and influence of *Pseudomonas* bacteria under heavy metal stress (1- Control, 2- Cu 0.01M, 3- Cu 0.001M, 4- Cd 0.01M, 5- Cd 0.001M, 6- Zn 0.01, 7- Zn 0.001M)

At a copper concentration of 0.01 M, a sharp increase in antioxidant activity was observed in all plant parts (55–60%), indicating the activation of the defense system under conditions of severe oxidative stress. At a Cu concentration of 0.001 M, a decrease in these

indicators by 11–18% indicates a reduction in stress levels or stabilization of the adaptive response. Under the influence of cadmium (Cd), the average activity level at a concentration of 0.01 M remained at 15–19%, whereas at 0.001 M a significant increase of 31% was observed, especially in the stem. This indicates a compensatory response of the plant's antioxidant system. Under the influence of zinc (Zn), antioxidant activity was low in all variants, particularly 1–8% at 0.001 M, which is explained by Zn's relatively weak stress factor or its low impact on enzyme systems.

The results obtained indicate that bacteria of the genus *Pseudomonas* play an important role in regulating the antioxidant defense system of plants. Under conditions of high stress (especially at a Cu concentration of 0.01 M), the increase in antioxidant activity indicates that the bacteria stimulate mechanisms for neutralizing reactive oxygen species (ROS) in the plant. Furthermore, the relative stabilization of activity under Cd and Zn concentrations may be associated with the ability of *Pseudomonas* strains to immobilize metal ions and reduce their toxic effects. Heavy metals induce oxidative stress in plants, leading to the activation of the antioxidant system, while *Pseudomonas* bacteria regulate these processes and enhance the plant's adaptation to stressful conditions. The strongest effect is observed at high copper concentrations, in which case the antioxidant defense system is activated to the maximum extent. The presence of heavy metals had a significant effect on the composition of photosynthetic pigments in *Phaseolus vulgaris*, with the changes depending on the type and concentration of the metals. In control plants, the content of chlorophyll a, chlorophyll b, and total chlorophyll (a+b) was 0.0008, 0.0003, and 0.0011, respectively, indicating a normal physiological state of the photosynthetic apparatus (Table 2).

Table 2 –The effect of heavy metals on plant photosynthetic pigments and the reductive effect of *Pseudomonas* bacteria

Concentration	chlorophyll- α	chlorophyll- β	chlorophyll $\alpha + \beta$	caryothionide
1/Control	0.0008 $\pm$ 0.00004	0.0003 $\pm$ 0.00002	0.0011 $\pm$ 0.00006	0.0003 $\pm$ 0.00001
2/Zn 0,01 M	0.0020 $\pm$ 0.00010	0.0008 $\pm$ 0.00004	0.0025 $\pm$ 0.00013	0.0002 $\pm$ 0.00001
3/Zn 0,001M	0.0004 $\pm$ 0.00002	0.0002 $\pm$ 0.00001	0.0006 $\pm$ 0.00003	0.0002 $\pm$ 0.00001
4/Cu 0,01M	0.0008 $\pm$ 0.00004	0.0003 $\pm$ 0.00002	0.0010 $\pm$ 0.00005	0.0002 $\pm$ 0.00001
5/Cu 0,001M	0.0007 $\pm$ 0.00004	0.0003 $\pm$ 0.00002	0.0010 $\pm$ 0.00005	0.0002 $\pm$ 0.00001
6/Cd 0,01M	0.0020 $\pm$ 0.00010	0.0008 $\pm$ 0.00004	0.0030 $\pm$ 0.00015	0.0002 $\pm$ 0.00001
7/Cd 0,001M	0.0020 $\pm$ 0.00010	0.0008 $\pm$ 0.00004	0.0030 $\pm$ 0.00015	0.0002 $\pm$ 0.00001

Upon treatment with zinc, a concentration-dependent effect was observed. At a concentration of 0.01 M, the content of chlorophyll a and total chlorophyll increased to 0.002 and 0.0025, respectively, indicating the stimulatory role of zinc as an important micronutrient involved in chloroplast function and enzyme activity. However, at low concentrations (0.001 M), pigment levels decreased (chlorophyll a = 0.0004, chlorophyll a+b = 0.0006), suggesting the possibility of metabolic imbalances under suboptimal conditions. Copper treatment had an overall inhibitory effect on pigment accumulation. At a concentration of 0.01 M, the chlorophyll level was close to control values, whereas at 0.001 M a slight decrease was observed. This may reflect the dual role of copper as an essential element and, at high concentrations, as a strong pro-oxidant leading to pigment degradation. Cadmium treatment led to a significant increase in chlorophyll content at both concentrations (chlorophyll a = 0.002; chlorophyll a+b = 0.003), which may be associated with compensatory mechanisms aimed at maintaining photosynthetic efficiency under stress conditions.

Such an increase does not necessarily indicate an improvement in physiological parameters, but may reflect stress-induced metabolic changes. Carotenoid levels remained

relatively constant across all treatment conditions (0.0002), indicating their important role in maintaining baseline photoprotection and the structural stability of the photosynthetic apparatus during heavy metal-induced stress. Changes in pigment content are closely linked to the antioxidant defense system of plants during heavy metal-induced stress. An increase in chlorophyll levels under bacterial exposure (Zn 0.01 M and Cd treatments) may indicate the activation of adaptive responses, which is confirmed by an increase in antioxidant activity aimed at reducing the amount of reactive oxygen species (ROS). In contrast, the decrease in pigment levels (following treatment with 0.001 M Zn and Cu) is associated with oxidative damage to chloroplast membranes and photosynthetic complexes caused by excessive accumulation of ROS. In such cases, antioxidant enzymes and non-enzymatic components (including carotenoids) play an important role in protecting the photosynthetic mechanism. The relatively constant content of carotenoids indicates their function as the main non-enzymatic antioxidants involved in the neutralization of singlet oxygen and the dissipation of excess energy. In addition, the presence of *Pseudomonas* bacteria may help maintain pigment stability by increasing the activity of antioxidant enzymes, reducing the bioavailability of metals through biosorption and immobilization, and thereby reducing oxidative stress.

Conclusion. The results of the study showed that heavy metals (Cu, Cd, Zn) have a significant effect on biometric parameters, enzymatic and antioxidant systems, as well as on the pigment composition of *Phaseolus vulgaris* plants. According to biometric analysis, plant growth was slowed at high concentrations of heavy metals: plant height and the number of leaves decreased by an average of 20–35% compared to the control.

Antioxidant activity reached its highest level under the influence of copper (Cu 0.01) and amounted to 59% in the root, 56% in the leaf, and 57% in the stem, indicating the activation of the defense system in response to severe oxidative stress. At low zinc concentrations (Zn 0.001), the lowest values were recorded (root – 3%, leaf – 1.73%, stem – 8%). Peroxidase activity also varied in accordance with this trend and was found to increase 1.5–2.0-fold under heavy metal-induced stress. Pigment analysis showed that the content of chlorophyll a and b decreased by 15–40% under the influence of heavy metals, while the content of carotenoids in some cases increased by 10–20% as a protective response. The use of a consortium of *Pseudomonas* bacteria increased plant resistance to stressful conditions, contributed to a 10–25% improvement in biometric indicators, and stabilized the enzymatic and antioxidant systems.

Financing. The research was carried out under the Program-targeted financing of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan for 2024-2026, BR24993105 «Creation of a biotechnology R&D center for the development and commercialization of agricultural products and technologies».

Әдебиеттер:

- [1] **Emamverdian, A.**, Ding Y., Mokhberdoran F., Xie Y. Heavy metal stress and some mechanisms of plant defense response// The Scientific World Journal, 2015. – Vol. – P. 756120. <https://doi.org/10.1155/2015/756120>
- [2] **Sharma, R. K.**, Agrawal M. Biological effects of heavy metals: an overview// Journal of Environmental Biology, 2005. – Vol. 26. – №. 2. – P. 301–313.
- [3] **da Cunha Neto A. R.** et al. Toxicity of heavy metals that affect germination, development and cell cycle of *Allium cepa* L //Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 2023. – Vol. 111. – №. 2. – P. 22. <https://doi.org/10.1007/s00128-023-03775-9>
- [4] **Zhang, H., Xu, Z.**, Guo, K., et al. Toxic effects of Cd and Zn on chlorophyll and photosynthesis in tobacco leaves//Ecotoxicology and Environmental Safety, 2020. – Vol. 202. – P. 110856. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110856>
- [5] **Reddy, S. H.** et al. Proline and other physiological changes as an indicator of abiotic stress

caused by heavy metal contamination //Journal of King Saud University-Science, 2024. – Vol. 36. – №. 8. – P. 103313. DOI: [10.1016/j.jksus.2024.103313](https://doi.org/10.1016/j.jksus.2024.103313)

[6] **Riyazuddin, R.** et al. A comprehensive review on the heavy metal toxicity and sequestration in plants //Biomolecules, 2021. – Vol. 12. – №. 1. – P. 43. <https://doi.org/10.3390/biom12010043>

[7] **Syed, R. A.,** Kapoor, D., Bhat, A. Heavy metal toxicity in plants: a review// Plant Archives, 2018. – Vol 18. – №. 2. – P. 1229. [http://www.plantarchives.org/18-02/1229-1238%20\(4262\).pdf](http://www.plantarchives.org/18-02/1229-1238%20(4262).pdf)

[8] **Shomali, A.** et al. Modulation of plant photosynthetic processes during metal and metalloid stress, and strategies for manipulating photosynthesis-related traits //Plant Physiology and Biochemistry, 2024. – Vol 206. – P. 108211. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2023.108211>

[9] **Ansari, A.** et al. Heavy Metal Stress and Cellular Antioxidant Systems of Plants: A Review //Agricultural Reviews. – 2024. – Vol. 45. – №. 3. – P.400. <https://doi.org/10.18805/ag.RF-321>

[10] **Ali, M.** et al. Oxidative stress and antioxidant defense in plants exposed to metal/metalloid toxicity //Reactive oxygen, nitrogen and sulfur species in plants: production, metabolism, signaling and defense mechanisms, 2019. – P. 353-370. <https://doi.org/10.1002/9781119468677.ch15>

[11] **Shahid, M.** et al. Heavy-metal-induced reactive oxygen species: phytotoxicity and physicochemical changes in plants //Reviews of Environmental Contamination and Toxicology V. 232. – 2014. – P. 1-44.

[12] **Lyubenova, L.** et al. Response of antioxidant enzymes in *Nicotiana tabacum* clones during phytoextraction of heavy metals //Environmental Science and Pollution Research. – 2009. – V. 16. – №. 5. – P. 573. <https://doi.org/10.1007/s11356-009-0175-8>

[13] **Dey, S. K.** et al. Changes in the antioxidative enzyme activities and lipid peroxidation in wheat seedlings exposed to cadmium and lead stress //Brazilian Journal of Plant Physiology. – 2007. – V. 19. – №. 1. – P. 53-60. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202007000100006>

[14] **Kumar, P.,** Tewari R. K., Sharma P. N. Cadmium enhances generation of hydrogen peroxide and amplifies activities of catalase, peroxidases and superoxide dismutase in maize //Journal of Agronomy and Crop Science. – 2008. – V. 194. – №. 1. – P.72-80. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2007.00285.x>

[15] **Todorović M.** et al. Biological properties of selected Amaranthaceae halophytic species: A review //Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences. – 2022. – V. 58. – P. e21229. <https://doi.org/10.1590/s2175-97902022e21229>

[16] **Buzduga I.,** Volkova A., Panchuk I. The effect of heavy metal ions on the peroxidase activity in *Arabidopsis thaliana* // Naukovyi visnyk Chernivetskoho universytetu. Biologhiia (Biologichni systemy). – 2023. – V. 15. – №. 2. – P. 144-148. <https://doi.org/10.31861/biosystems2023.02.144>

[17] **Hernández L.E.** et al. Contribution of glutathione to the control of cellular redox homeostasis under toxic metal and metalloid stress //Journal of Experimental Botany. – 2015. – V.66. – №. 10. – P. 2901-2911. <https://doi.org/10.1093/jxb/erv063>

[18] **Yadav S. K.** Heavy metals toxicity in plants: an overview on the role of glutathione and phytochelatins in heavy metal stress tolerance of plants //South African journal of botany. – 2010. – V.76. – №. 2. – P. 167-179. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2009.10.007>

[19] **Paradiso A.** et al. Increase in ascorbate–glutathione metabolism as local and precocious systemic responses induced by cadmium in durum wheat plants //Plant and Cell Physiology. – 2008. – V.49. – №. 3. – P. 362-374. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcn013>

[20] **Szarka A.,** Tomasskovics B., Bánhegyi G. The ascorbate-glutathione- α -tocopherol triad in abiotic stress response //International Journal of Molecular Sciences. – 2012. – V.13. – №. 4. – P. 4458-4483. <https://doi.org/10.3390/ijms13044458>

[21] **Dubey R.S.** Metal toxicity, oxidative stress and antioxidative defense system in plants //Reactive oxygen species and antioxidants in higher plants. – CRC Press, 2010. – P. 177-203. <https://doi.org/10.1201/9781439854082>

[22] **Gupta S.,** Dube S.P., Raghuwanshi R. Rhizoengineering influences on soil dynamics and microbial communities in post-harvest oat fields // Soil Advances. – 2025. – V.3. <https://doi.org/10.1016/j.soilad.2024.100032>

[23] **Ruiz-Hernandez I. H.,** Madrigal-Perez L. A., González-Hernández J. C. The potential use of *Pseudomonas* in terrestrial and space agriculture //Brazilian Journal of Biology, 2024. – V. 84. – P. e282664. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.282664>

[24] **Асрандина, С.** Өсімдіктер физиологиясы практикумы. – Алматы: Қазақ университеті, 2011. – 45 б.

[25] **Есмағұл, К.Е.,** Сәрсенбаев Б. Пероксидаза ферментінің активтілігін анықтау // Биологиялық химия практикумы. – Алматы: Тоғанай Т, 2012. – 105–108 б.

[26] **Черноусова, О.В.,** Кривцова А.И., Кучменко Т.А. Определение антиоксидантной активности белого чая // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2018. – Т. 80. – № 1 (75). – С. 133–139. DOI: [10.20914/2310-1202-2018-1-133-139](https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-1-133-139)

[27] **Rani, S.,** Sharma M. K., Kumar N. Impact of salinity and zinc application on growth, physiological and yield traits in wheat // Current science. – 2019. – V.116. – №. 8. – P. 1324-1330. <https://www.jstor.org/stable/27138036>

[28] **Gill S. S.,** Tuteja N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants // Plant physiology and biochemistry. – 2010. – V. 48. – №. 12. – P. 909-930. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2010.08.016>

References:

[1] **Emamverdian, A.,** Ding Y., Mokhberdoran F., Xie Y. Heavy metal stress and some mechanisms of plant defense response// The Scientific World Journal, 2015. – Vol. – P. 756120. <https://doi.org/10.1155/2015/756120>

[2] **Sharma, R. K.,** Agrawal M. Biological effects of heavy metals: an overview// Journal of Environmental Biology, 2005. – Vol. 26. – №. 2. – P. 301–313.

[3] **da Cunha Neto A. R.** et al. Toxicity of heavy metals that affect germination, development and cell cycle of *Allium cepa* L // Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 2023. – Vol. 111. – №. 2. – P. 22. <https://doi.org/10.1007/s00128-023-03775-9>

[4] **Zhang, H.,** Xu, Z., Guo, K., et al. Toxic effects of Cd and Zn on chlorophyll and photosynthesis in tobacco leaves// Ecotoxicology and Environmental Safety, 2020. – Vol. 202. – P. 110856. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110856>

[5] **Reddy, S. H.** et al. Proline and other physiological changes as an indicator of abiotic stress caused by heavy metal contamination // Journal of King Saud University-Science, 2024. – Vol. 36. – №. 8. – P. 103313. DOI: [10.1016/j.jksus.2024.103313](https://doi.org/10.1016/j.jksus.2024.103313)

[6] **Riyazuddin, R.** et al. A comprehensive review on the heavy metal toxicity and sequestration in plants // Biomolecules, 2021. – Vol. 12. – №. 1. – P. 43. <https://doi.org/10.3390/biom12010043>

[7] **Syed, R. A.,** Kapoor, D., Bhat, A. Heavy metal toxicity in plants: a review// Plant Archives, 2018. – Vol 18. – №. 2. – P. 1229. [http://www.plantarchives.org/18-02/1229-1238%20\(4262\).pdf](http://www.plantarchives.org/18-02/1229-1238%20(4262).pdf)

[8] **Shomali, A.** et al. Modulation of plant photosynthetic processes during metal and metalloids stress, and strategies for manipulating photosynthesis-related traits // Plant Physiology and Biochemistry, 2024. – Vol 206. – P. 108211. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2023.108211>

[9] **Ansari, A.** et al. Heavy Metal Stress and Cellular Antioxidant Systems of Plants: A Review // Agricultural Reviews. – 2024. – Vol. 45. – №. 3. – P.400. <https://doi.org/10.18805/ag.RF-321>

[10] **Ali, M.** et al. Oxidative stress and antioxidant defense in plants exposed to metal/metalloid toxicity // Reactive oxygen, nitrogen and sulfur species in plants: production, metabolism, signaling and defense mechanisms, 2019. – P. 353-370. <https://doi.org/10.1002/9781119468677.ch15>

[11] **Shahid, M.** et al. Heavy-metal-induced reactive oxygen species: phytotoxicity and physicochemical changes in plants // Reviews of Environmental Contamination and Toxicology V. 232. – 2014. – P. 1-44.

[12] **Lyubenova, L.** et al. Response of antioxidant enzymes in *Nicotiana tabacum* clones during phytoextraction of heavy metals // Environmental Science and Pollution Research. – 2009. – V. 16. – №. 5. – P. 573. <https://doi.org/10.1007/s11356-009-0175-8>

[13] **Dey, S. K.** et al. Changes in the antioxidative enzyme activities and lipid peroxidation in wheat seedlings exposed to cadmium and lead stress // Brazilian Journal of Plant Physiology. – 2007. – V. 19. – №. 1. – P. 53-60. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202007000100006>

[14] **Kumar, P.,** Tewari R. K., Sharma P. N. Cadmium enhances generation of hydrogen peroxide and amplifies activities of catalase, peroxidases and superoxide dismutase in maize // Journal of Agronomy and Crop Science. – 2008. – V. 194. – №. 1. – P.72-80. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2007.00285.x>

- [15] **Todorović M.** et al. Biological properties of selected Amaranthaceae halophytic species: A review //Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences. – 2022. – V. 58. – P. e21229. <https://doi.org/10.1590/s2175-97902022e21229>
- [16] **Buzduga I.**, Volkova A., Panchuk I. The effect of heavy metal ions on the peroxidase activity in Arabidopsis thaliana // Naukovyi visnyk Chernivetskoho universytetu. Biolohiia (Biologichni systemy). – 2023. – V. 15. – №. 2. – P. 144-148. <https://doi.org/10.31861/biosystems2023.02.144>
- [17] **Hernández L.E.** et al. Contribution of glutathione to the control of cellular redox homeostasis under toxic metal and metalloids stress //Journal of Experimental Botany. – 2015. – V.66. – №. 10. – P. 2901-2911. <https://doi.org/10.1093/jxb/erv063>
- [18] **Yadav S. K.** Heavy metals toxicity in plants: an overview on the role of glutathione and phytochelators in heavy metal stress tolerance of plants //South African journal of botany. – 2010. – V.76. – №. 2. – P. 167-179. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2009.10.007>
- [19] **Paradiso A.** et al. Increase in ascorbate–glutathione metabolism as local and precocious systemic responses induced by cadmium in durum wheat plants //Plant and Cell Physiology. – 2008. – V.49. – №. 3. – P. 362-374. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcn013>
- [20] **Szarka A.**, Tomasskovics B., Bánhegyi G. The ascorbate-glutathione- α -tocopherol triad in abiotic stress response //International Journal of Molecular Sciences. – 2012. – V.13. – №. 4. – P. 4458-4483. <https://doi.org/10.3390/ijms13044458>
- [21] **Dubey R.S.** Metal toxicity, oxidative stress and antioxidative defense system in plants //Reactive oxygen species and antioxidants in higher plants. – CRC Press, 2010. – P. 177-203. <https://doi.org/10.1201/9781439854082>
- [22] **Gupta S.**, Dube S.P., Raghuwanshi R. Rhizoengineering influences on soil dynamics and microbial communities in post-harvest oat fields // Soil Advances. – 2025. – V.3. <https://doi.org/10.1016/j.soilad.2024.100032>
- [23] **Ruiz-Hernandez I. H.**, Madrigal-Perez L. A., González-Hernández J. C. The potential use of Pseudomonas in terrestrial and space agriculture //Brazilian Journal of Biology, 2024. – V. 84. – P. e282664. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.282664>
- [24] **Asrandina, S.** Ösimdikter fiziologiyasy praktikumu. – Almaty: Kazakh universiteti, 2011. – 45 P. [in Kazakh]
- [25] **Yesmagul K.E.**, Sarsenbaev B. Peroxidase enzyme activtiligin anyktau//Biological chemistry workshops. – Almaty: Toganay T, 2012. – P. 105–108. [in Russian]
- [26] **Chernousova O.V.**, Krivtsova A.I., Kuchmenko T.A. Opredelenie antioksidantnoi aktivnosti belogo chaya //Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii, 2018. – No. 1 (75). – P. 133–139. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-1-133-139> [in Russian]
- [27] **Rani S.**, Sharma M.K., Kumar N. Impact of salinity and zinc application on growth, physiological and yield traits in wheat //Current science. – 2019. – V.116. – №. 8. – P. 1324-1330. <https://www.jstor.org/stable/27138036>
- [28] **Gill S.S.**, Tuteja N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants //Plant physiology and biochemistry. – 2010. – V. 48. – №. 12. – P. 909-930. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2010.08.016>

АУЫР МЕТАЛДАРМЕН ЛАСТАНУ ЖАҒДАЙЫНДА *PSEUDOMONAS* ТУЫСЫНЫҢ ӨСІМДІКТЕРДІҢ АНТИОКСИДАНТТЫҚ ЖҮЙЕСІНЕ ӘСЕРІ

Рамазанова А.А.^{*1}, PhD

Ерназарова Г.И.², биология ғылымдарының кандидаты, профессор

Кабдрахманова С.К.³, техника ғылымдарының кандидаты, доцент

Айсакулова Х.Р.⁴, биология ғылымдарының кандидаты, доцент

Кулбекова А.А.¹, 8D01504 – «Биология» білім беру бағдарламасының докторанты

Тұрсынәлі К.¹, 7M01505 – «Биология» білім беру бағдарламасының 2-курс магистранты

¹ Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

² Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

³ Қ.И.Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы қ.,

Аннотация. Бұл зерттеу ауыр металдармен (Cu, Cd, Zn) ластанған ортада өсірілген *Phaseolus vulgaris* өсімдігінің антиоксиданттық жүйесінің өзгерістерін және *Pseudomonas spp.* бактериялар консорциумының биоремедиациялық әсерін бағалауға бағытталған. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, бақылау нұсқасында антиоксиданттық белсенділік тамырда – 25%, жапырақта – 24%, сабақта – 27% деңгейінде болды. Мыс (Cu 0,01) әсерінде бұл көрсеткіштер айтарлықтай жоғарылап, сәйкесінше 59%, 56% және 57% құрады, бұл күшті тотығу стрессіне жауап ретінде антиоксиданттық жүйенің белсенуін көрсетеді. Ал мыс концентрациясы төмендегенде (Cu 0,001) антиоксиданттық белсенділік тамырда 14%, жапырақта 11%, сабақта 18% деңгейіне дейін төмендеді. Кадмий (Cd 0,01) жағдайында көрсеткіштер 19%, 15% және 18% болса, Cd 0,001 нұсқасында жапырақта 25% және сабақта 31%-ға дейін жоғарылау байқалды. Мырыш (Zn 0,01) әсерінде антиоксиданттық белсенділік төмендеп, тамырда 11%, жапырақта 4%, сабақта 14% болды, ал Zn 0,001 кезінде ең төмен мәндер тіркелді (3%; 1,73%; 8%).

Pseudomonas spp. консорциумын қолдану өсімдіктердің ауыр металдарға төзімділігін арттырып, антиоксиданттық жүйенің тұрақтануына ықпал етті. Жалпы, нәтижелер бактериялардың ауыр металл иондарын биосорбциялау және өсімдіктердегі тотығу стрессін төмендету арқылы тиімді биоремедиациялық агент ретінде қолдануға болатынын дәлелдейді.

Тірек сөздер: Ауыр металдар, *Pseudomonas spp.*, антиоксиданттық белсенділік, биоремедиация, *Phaseolus vulgaris*, стресстік реакциялар.

ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИЙ РОДА *PSEUDOMONAS* НА АНТИОКСИДАНТНУЮ СИСТЕМУ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Рамазанова А.А.^{*1}, PhD

Ерназарова Г.И.², кандидат биологических наук, профессор

Кабдрахманова С.К.³, кандидат технических наук, доцент

Айсакулова Х.Р.⁴, кандидат биологических наук, доцент

Кулбекова А.А.¹, докторант образовательной программы 8D01504 – «Биология»

Тұрсынәлі К.¹, магистрант 2 курса образовательной программы 7M01505 – «Биология»

¹ Казахский национальный женский педагогический университет, г.Алматы, Казахстан

² Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г.Алматы, Казахстан

³ Казахский национальный исследовательский технический университет имени К. И. Сатпаева, г.Алматы, Казахстан

Аннотация. Это исследование выявило изменения антиоксидантной системы растения *Phaseolus vulgaris*, выращенного в среде, загрязненной тяжелыми металлами (Cu, Cd, Zn), и *Pseudomonas spp.* направлен на оценку биоремедиационного эффекта консорциума бактерий. Результаты исследования показали, что в контрольном варианте антиоксидантная активность была на уровне 25% у корня, 24% у листа, 27% у стебля. При воздействии меди (Cu 0,01) эти показатели значительно увеличились и составили 59%, 56% и 57% соответственно, что указывает на активацию антиоксидантной системы в ответ на сильный окислительный стресс. А когда концентрация меди снизилась (Cu 0,001), антиоксидантная активность снизилась до 14% в корнях, 11% в листьях и 18% в стеблях. В случае кадмия (Cd 0,01) показатели были 19%, 15% и 18%, тогда как в варианте Cd 0,001 наблюдалось увеличение до 25% на листе и 31% на стебле. Антиоксидантная активность снижалась при воздействии цинка (Zn 0,01) и составляла 11% в корне, 4% в листьях и 14% в стебле, а самые низкие значения были зарегистрированы при Zn 0,001 (3%; 1,73%; 8%). *Pseudomonas spp.* использование консорциума повысило устойчивость растений к тяжелым металлам и способствовало стабилизации антиоксидантной системы. В целом, результаты доказывают, что бактерии можно использовать в качестве эффективного биоремедиационного агента путем биосорбции ионов тяжелых металлов и снижения окислительного стресса у растений.

Ключевые слова: Тяжелые металлы, *Pseudomonas spp.*, антиоксидантная активность, биоремедиация, *Phaseolus vulgaris*, реакции на стресс.

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН КЛИМАТЫНЫҢ ӨЗГЕРМЕЛІ ЖАҒДАЙЫНДАҒЫ ҚУАҢШЫЛЫҚҚА ТӨЗІМДІ ӨСІМДІКТЕРІНІҢ БЕЙІМДЕЛУ ӘЛЕУЕТІН ЗЕРТТЕУ

Рахманбердиева Ж.Н.¹, PhD

ernurainara@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9037-1347>

Кашкаров А.А.¹, ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты

kashkarov-77@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-2345-6789>

Икрамов И.Ғ.², PhD

liias_91_24@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-7454-6339>

Дүйсенова С.С.¹, жаратылыстану ғылымдарының магистрі

kozaiym75@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8521-5205>

Изтлеуова А.Б.¹, жаратылыстану ғылымдарының магистрі

Aika_iztl@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1940-7025>

*¹М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан
Шымкент университеті, Шымкент қ., Қазақстан*

Аңдатпа. Бұл мақалада Қазақстанның оңтүстігіндегі тау бөктері және шөлейт аймақтары жағдайында қуаңшылыққа төзімді өсімдік тұқымдарының егістік сапасы мен метеорологиялық жағдайларды ескере отырып, көпкомпонентті агрофитоценоздардың өсімдік жамылғысының қалыптасуына сандық және сапалық көрсеткіштер бойынша әсерін зерттеу нәтижелері ұсынылған. 2024 жылы жүргізілген метеорологиялық деректер мен зертханалық зерттеулерді талдау негізінде өңірдің тау бөктері және шөлейт аймақтарындағы табиғи жайылымдардың жағдайының нашарлауына ықпал ететін негізгі факторлар анықталды.

Анықталғандай, 2024 жыл температуралық жағдайлардың аса шектен тыс болмауымен сипатталды: ыстық күндер саны азайды, түнгі ең төменгі температуралар артты және қыс мезгілі жұмсақ болды. Алдыңғы жылдармен салыстырғанда, 2022 жылдың жазы ең ыстық болды (ең жоғары температура +44 °С-қа жетті), ал 2023 жылы ең төменгі температура (–26,7 °С) тіркелді. Сонымен қатар, 2022 және 2023 жылдардың орташа жылдық температуралары шамалас болды, ал 2024 жыл анағұрлым қалыпты температуралық режимімен ерекшеленді. Жылдық жауын-шашын мөлшері салыстырмалы түрде тұрақты болып, шамамен 600 мм құрады және жылдар арасында айтарлықтай ауытқулар байқалмады. Маусым–шілде айларында ауа температурасының ең жоғары деңгейге көтерілу заңдылығы анықталып, оның өсімдік жамылғысының өсуі мен дамуына елеулі әсер ететіні көрсетілді.

Зертханалық зерттеулер қуаңшылыққа төзімді өсімдік тұқымдарының өну энергиясы 41,3%-дан 50,0%-ға дейін екенін көрсетті. Зерттелген дақылдардың ішінде сексеуіл тұқымының өну деңгейі ең төмен болды - 8,5%, бұл гектарға себу мөлшерін анықтаған кезде ескерілуі керек. Себудің оңтайлы агрономиялық параметрлері метеорологиялық жағдайлар мен тұқым себу сапасының көп компонентті агрофитоценоздардың жедел қалпына келу әсерін зерттеу барысында анықталды. қуаңшылыққа төзімді өсімдіктері үшін оңтайлы себу тереңдігі 3-5 см, ал топырақтың оңтайлы жоғарғы қабатының тереңдігі 30-32 см екені анықталды.

Тау бөктері және шөлейт аймақтарда көп компонентті жайылымдарды жасау үшін қуаңшылыққа төзімді өсімдік тұқым өну сапасын бағалаған кезде жусан тұқымдарының өну деңгейі 19%-дан аспады. Алдын ала өңдеусіз кейреуік және шоған тұқымдарының өну деңгейі сәйкесінше 25% және 8% болды.

Тірек сөздер: қуаңшылыққа төзімді өсімдік, тау бөктеріндегі аймақ, шөлейт аймақ, тұқым себу қасиеттері, көп компонентті жайылымдар, агрофитоценоз.

Кіріспе. Жайылым кезеңіндегі негізгі жем көзі, тарихи тұрғыдан да, қазіргі уақытта да, Қазақстанның оңтүстік-батыс аймағында шамамен 50 миллион гектарды

алып жатқан табиғи шабындықтар болып табылады. Сондай-ақ, жайылым өсімдіктері жануарлардың қажеттіліктерін толық қанағаттандыратын ең арзан және ең қоректік жағынан толық жем екенін атап өткен жөн. Э.Ч. Аюшеваның және Р.Р. Джапованың зерттеулеріне сәйкес [1], табиғи жайылымдарда бір бірлік жем өндіру суармалы жемдік дақылдарға қарағанда екі-үш есе арзан. Шабындықта өсу және даму қарқыны әртүрлі жемдік өсімдіктер түрлерінің болуы жем сапасына айтарлықтай әсер ететінін атап өткен жөн.

Климаттың басты өзгеруі және табиғи жайылымдарға жүктеменің күшеюі аясында соңғы жылдар ішінде келеңсіз салдарлар қалыптасып отыр, олар өз кезегінде оңтүстік-батыс өңірдің табиғи жайылымдық жерлерінің өсуі мен дамуына теріс әсер етеді. Р.С. Масоночич-Шатунова мен әріптестерінің [2] орташа шабылған жайылым алаңы туралы берген мәліметтері оңтүстік өңірде, атап айтқанда Түркістан облысында орташа шабылған жайылым алаңы 0,6 млн га, қатты шабылған жайылым алаңы 0,7 млн га құрайтынын көрсетеді.

Н.Т.Нечаева, З.Ш.Шамсутдинов, И.Ф.Момотов, И.И.Алимаев және басқалардың зерттеулерімен толықтырылған Т.А.Жұмашновтың флористикалық және ценотикалық толымсыздығы туралы тұжырымдамасы аридті аймақтың табиғи жайылымдарын жақсарту теориясының негізі болды. Егілген жайылымдарды құру технологиясы шөлдер мен шөлейт өсімдіктердің экологиясы бойынша жинақталған материалдар негізінде ғылыми негізделген. Сондай-ақ әртүрлі өмірлік формадағы егілген жайылымдар үлкен басымдыққа ие екенін атап өткен жөн [3,4].

Көп компонентті агрофитоценоздарды құру жөніндегі тәжірибелер бірінші рет Өзбекстанның жусанды-эфемерлі шөлдері жағдайында басталды. Көктемгі кезеңде пайдаланылатын егілген жайылымдарды құру мақсатында камфоросмамен, изенмен + терескенмен аралас егістер + жалбыз қосылған камфоромдар зерттелді; күзгі-қысқы эфемерлері бар қара сексеуіл, эфемерлері бар черкез + чоғона, қара сексеуіл + чоғона + кейреука + жусан, жыл бойы жұмыс істейтін қара сексеуіл + изен + жусан + пияз, қара сексеуіл + чоғон + кейреук + жусан + мятлик пияз [5]. М.М. Махмудов [6] Қызылқұм шөлінде бұталар 30-35%, жартылай бұталар 10-45% және шөптесіндер 30% құрайтын әртүрлі тіршілік формаларынан жыл бойы жайылымдық агрофитоценоздар жасаудың орындылығын көрсетті. Астрахань облысы жағдайында (Богдинск агроорман шаруашылығының ғылыми-зерттеу және тәжірибелік станциясы) Н.А. Матвеев [7] терескен мен тар жапырақты бидай шөбінің шөп қоспасынан 1,73 т/га құрғақ масса, кипариспен терескеннен 2,3 т/га құрғақ масса алынатынын, ал Ставрополь өлкесінде (Ащыкөл орман шаруашылығы ғылыми-зерттеу тәжірибе станциясы) ең жоғары құрғақ масса өнімділігі терескен мен кипарис шөп қоспасынан алынғанын анықтады - 2,0 т/га.

А.Н.Костяков атындағы Бүкілресейлік гидротехника және мелиорация ғылыми-зерттеу институтының зерттеушілері құрғақ жерлерде көп компонентті жайылымдарды құру әдісіне патент алды [8]. Көп түрлі тұқымды жайылымдарды құру үшін негіз ретінде мия тамырының екі түрі, шөл бидай шөбі және жайылып жатқан жусан пайдаланылды.

Солтүстік-батыс Каспий аймағы жағдайында Бархан изенясы мен Алсу камфоросмасы сорттарының бір текті дақылдары, сондай-ақ Бархан изенясы, сұр терескен Тулкин + Алсу камфоросмасы + көпжылдық шөптер (ұзынша бидай шөбі, тар жапырақты бидай шөбі, бөріт) сияқты көп текті дақылдар бойынша зерттеулер жүргізілді. Айта кету керек, көп текті дақыл алты жыл ішінде ең жоғары орташа өнімділік берді: 23,4 ц/га құрғақ жеуге жарамды жем массасы [9].

Құрғақ жем-шөп өндірісіндегі маңызды мәселе - тозған жайылымдардың өнімділігін қалпына келтіру. Солтүстік Каспий аймағында топырақ пен өсімдіктердің деградация мәселелері зерттелді, және ұсынылған шешім көпжылдық шөпті

өсімдіктердің өсірілген аналогтарын созылған бидай шөбінің (Ставропольский 10 және Солончаковский сорттары), қырлы бидай шөбінің (Викров сорты) және қырсыз бром шөбінің (Ставропольский 31 сорты) табиғи түрде деградацияланған фитоценозына енгізуді қамтиды [10].

Жайылымдарды пайдалану әдістерін ескерудің маңыздылығын М.Уртнасан мен Э.Л.Любарский [11] жайылымдардың тозу дәрежесін, өсімдік жамылғысының деңгейін және өсімдіктер қауымдастығының өнімділігін анықтау кезінде талқылаған.

1970 жылдардың басында елдің солтүстік шөлді аймағында мал жаюдың жайылым өнімділігіне әсері зерттелді. Зерттеу ерте көктемде жаю табиғи жайылымдардағы құнды өсімдік түрлерінің өсуіне кері әсер ететінін, ал оны сәуір айының ортасынан бастап пайдалану олардың, әсіресе ақ жусанның өнімділігін арттыратынын көрсетті [12]. Сондай-ақ, ерте көктемде жеті жыл бойы бақыланбайтын, тұрақты жаю жусан-жасыл жайылымды шалғынды арамшөпті жайылымға айналдырғаны анықталды [13].

Мысал ретінде Канаданың Манитоба провинциясындағы ылғалды жайылымдарды ерте және шамадан тыс жаюды келтіруге болады, бұл өсімдіктер қауымдастығының түр құрамын өзгертіп, арамшөптер мен басқа да түрлер санының шамадан тыс көбеюіне әкелді. Орташа жаю маусымның соңына дейін өсімдіктер қауымдастығының әртүрлілігі мен тіршілікке қабілеттілігінің орташа деңгейде қалуын қамтамасыз етті [14]. Өткен ғасырдың 90-жылдарында басталған экологиялық және экономикалық өзгерістердің пайда болуын ескере отырып, мал шаруашылығында әртүрлі меншік құрылымдарындағы табиғи жайылымдарды тиімді пайдалану бағытында ғылыми жұмыстар жүргізілуде және жайылымдық жерлердің деградациясының сипаттамалары анықталуда [15].

Материал мен әдістер. Қаңтар айында жоғары өнімді жайылымдарды құру бойынша тәжірибелер жүргізілді. Егіс нормасы жусан (0,5 кг/га), кейрұқ (8 кг/га), шогон (12 кг/га), қара сексеуіл (4 кг/га) және камфора (6 кг/га) үшін таза егу нормасының 15-20%-ы есебінен есептелді. Егіс тереңдігі 0,5-1 см болды, ал себу әдісі таратылды. Тәжірибелерге арналған топырақ өткен күзде дайындалды. Жер жырту 22-25 см тереңдікке дейін жүргізілді, ал жыртылған жолақтың ені 10 м болды.

Далалық тәжірибе алдында тұқымдардың себу сапасы анықталды: жусан, кейрұқ, камфоросма, чогон және сексеуіл тұқымдарының өну жылдамдығы МЕМСТ 13056. 6-67 бойынша. Барлық зерттеулер мен бақылаулар жайылымдық жерлердің (тау етегіндегі және шөлді аймақтардың) белгіленген рельефіне және жер асты суларының тереңдігіне (6-8 м тереңдікке дейін; 10-12 м) сәйкес жүргізілді. Тәжірибелік учаскелер Түркістан облысының Ордабасы ауданындағы тау бөктеріндегі суарылмайтын жерде орналасқан.

Зерттеу нәтижелері мен талқылау Зерттеу жылындағы ауа райы жағдайлары онша қолайлы болмады, бұл өз кезегінде құрғақ дақыл тұқымдарының себу сапасына әсер етті. Орта-ша көпжылдық жауын-шашын мөлшері 221 мм. Топырақ кәдімгі сазды сирозем, өсімдіктері эфемерлі және жусанды. Арыс ауданының далалық аймағында топырақ жамылғысының негізі жеңіл құмды сазды сирозем болып табылады, оңтүстіктен солтүстікке қарай орналасқан кейде бекітілген құмды жоталар бар. Климат күрт континентальды, орташа көпжылдық жауын-шашын мөлшері 206 мм. Жаз өте ыстық және құрғақ, оңтүстік-батыстан жиі ыстық жел соғады.

Егістік қабатындағы гумус мөлшері 0,32-0,80%. Өсімдік жамылғысы жусанды және эфемерлі (1-сурет). Дала және тау бөктеріндегі аймақтарда жауын-шашынның көп бөлігі күз-қыс-көктем кезеңдерінде түседі, ал жазда оның мөлшері күрт азаяды. Жылдық жауын-шашынның шамамен 33%-ы қыста, ал шамамен 41%-ы көктемде, ал кейбір жерлерде одан да көп түседі.



А

Б

1-сурет – Түркістан облысының Арыс ауданының тау бөктеріндегі және далалық аймақтарындағы тәжірибелік учаскелердің табиғи жайылым алқабы

Күзде жауын-шашын мөлшері 15-тен 20%-ға дейін жетеді. Жаз мезгілі ең аз жауын-шашынмен сипатталады — тек 5-10%, ал оңтүстік аймақтарда тек 2-3%. Жазда шөлді аймақтарда орташа салыстырмалы ылғалдылық 20%-дан аспайды, ал кейбір жерлерде 5%-ға дейін төмендеуі мүмкін.

2024 жылғы ауа райы жағдайларына наурыз және маусым айларындағы аномальды температуралар кірді. Биылғы ауа райы жағдайларын көзбен бақылау қыстың бірінші айы салыстырмалы түрде жылы және ылғалды болғанын, ал қалған айлар салыстырмалы түрде суық болғанын көрсетті. Мысалы, Арыс ауданының дала аймағындағы сынақ полигонында қаңтардағы күндізгі температура орташа есеппен -7°C-тан -10°C-қа дейін, ал түнгі температура -12°C-тан -15°C-қа дейін болды. Ақпан айында температураның шамалы көтерілуі тіркелді, онда температура сәйкесінше -5°C-тан -8°C-қа дейін және -10°C-тан -12°C-қа дейін болды. Ақпан айында тұрақты қар жамылғысы байқалды, ал қаңтардағы жауын-шашын қарлы боран мен жаңбырдан тұрды. Дегенмен, наурыз айы суық, қалың қар мен жаңбыр жауғанын атап өткен жөн. Көктемгі кезеңде тіркелген аномальды температура жағдайларының болуы өсімдік көшеттерінің кеш шығуына, сондай-ақ олардың өсуі мен дамуына әсер етті.

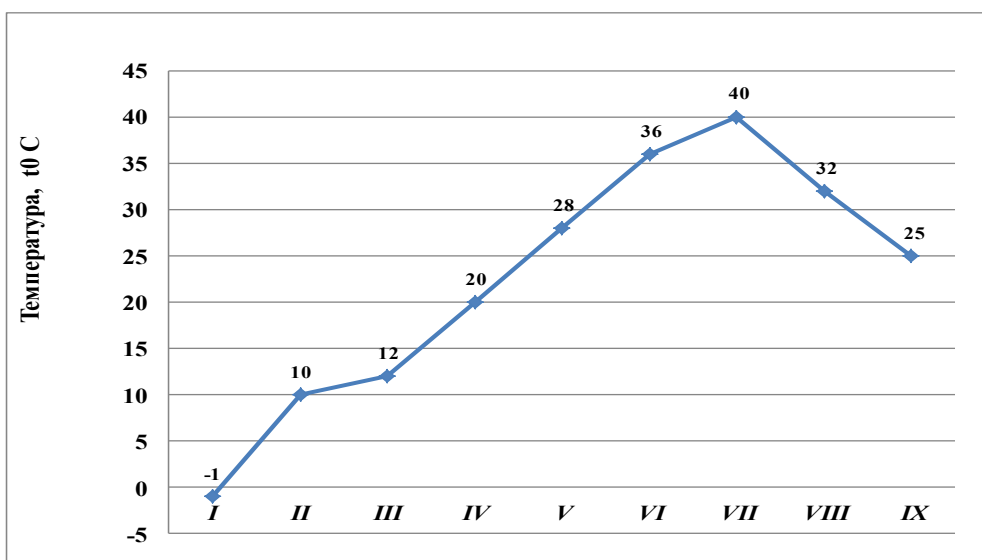
Көктем айларындағы жаңбырлы ауа райы наурыздың алғашқы он күндігінде байқалды, сәуірдің екінші жартысында жаңбыр мүлдем жаумады. Мамыр айында да аздап жауын-шашын болды. Ыстық ауа райы маусымның аяғы мен шілденің басында басталды, орташа температура 36°C-тан 40°C-қа дейін өзгерді.

2 және 3 суреттерде көрсетілген 2024 жылға арналған метеорологиялық деректерге сәйкес, ауа температурасының ең жоғары көтерілуі маусым және шілде айларында болатыны анық, бұл өсімдіктердің өсуі мен дамуына айтарлықтай әсер етеді.

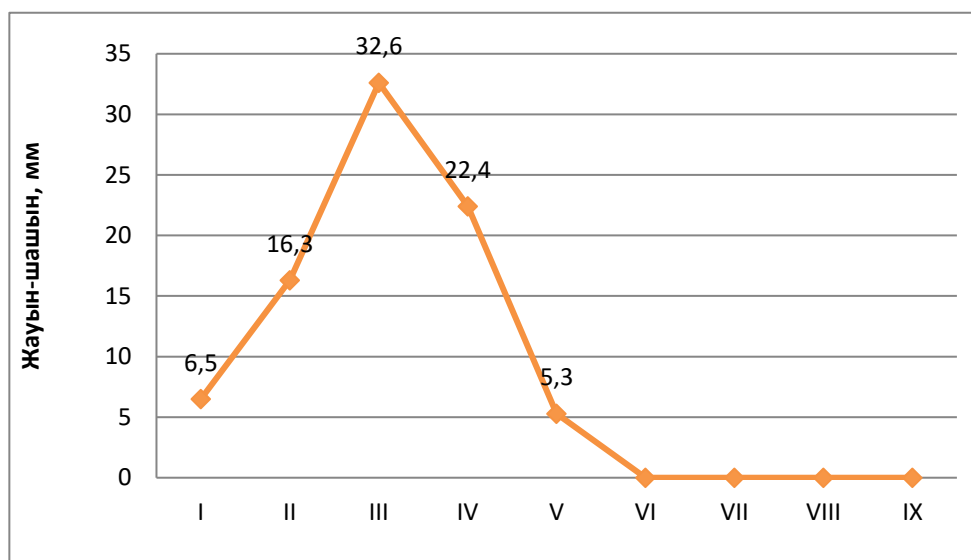
Тау етегіндегі және дала аймақтарында тұқымды көп компонентті жайылымдарды сәтті орналастыру үшін жусан, кейрұқ, комфоросма, чогон және сексеуіл сияқты көп компонентті құрғақ азықтық дақылдар тұқымдарының егу сапасын анықтау өте маңызды. Зерттеулер құрғақ дақылдардың зертханалық өну деңгейі 5-тен 30%-ға дейін екенін көрсетті, бұл орташа ұзақ мерзімді деректерге сәйкес келеді (1-кесте).

Кесте деректерінен көрініп тұрғандай, жусанның өну деңгейі 19%-дан аспады. Алдын ала өңделмеген күйреуік және шоған тұқымдарының өну деңгейі сәйкесінше 25% және 8% болды (2-сурет).

Жусан мен қараматаудың өну деңгейі 41,3-тен 50,0 пайызға дейін болды. Ең төменгі көрсеткіш сексеуілде байқалды, ол 8,5 пайызды құрады, бұл гектарға себу мөлшерін анықтаған кезде ескерілуі керек (3-сурет).



2-сурет – Орташа айлық күндізгі ауа температурасы t°C (2024)



3-сурет – Ай сайынғы жауын-шашынның жалпы мөлшері, мм (2024 ж.)

Зертханалық тұқым өнуін тексерумен қатар, көп компонентті жайылымдарды құрудың ең маңызды шарттарының бірі – құрғақ жемшөп дақылдарының тұқым орналастырудың оңтайлы тереңдігін, сондай-ақ оларды себу кезіндегі егістік қабатын анықтау. Тұқым орналастырудың оңтайлы тереңдігі мен егістік қабаты кәдімгі сирозем топырақтарында келесі схемалар бойынша үш данада анықталды: тұқым орналастыру тереңдігі 6-8 см, егістік қабаты 10-22 см; тұқым орналастыру тереңдігі 6-8 см, егістік қабаты 22-30 см; тұқым орналастырудың оңтайлы тереңдігі 3-5 см, ал топырақтың үстіңгі қабатының тереңдігі 30-32 см болды. Зерттеу нәтижесінде тұқым орналастырудың оңтайлы тереңдігі 3-5 см, ал топырақтың үстіңгі қабатының тереңдігі 30-32 см екені анықталды. Тұқымның таяз орналасуы топырақтың тез тығыздалуы мен қатаюымен түсіндіріледі, ал 30-32 см тереңдікке дейін жырту көктемде су өткізгіштігінің жоғарылауына байланысты топырақтың ұзақ мерзімді босаңсуына және ылғалдың сақталуына ықпал етеді (1-кесте).

1-кесте – Қуаңшылыққа төзімді өсімдіктер тұқымдарының егу сапасы, 2024 ж.

Түрі	Тұқым тазалығы, %	1000 тұқымның салмағы, г	Зертханалық өну, %	Өсу энергиясы
Жусан	32	0,3	19	50,0
Қараматау	37	1,2	30	41,3
Күйреуік	55	3,8	25	33,2
Шоған	64	5,2	8	32,4
Сексеул	57	4,7	5	8,5

Маусым айында дала аймағында қуаңшылыққа төзімді өсімдіктердің ең жоғары тығыздығы камфоросмада - $2,0 \pm 0,3$, чоғонда - $1,8 \pm 0,3$ және сексеуілде - $1,4 \pm 0,4$ дана/м² тіркелді. Тау етегіндегі аймақта өсімдік тығыздығының ең жоғары көрсеткіші жусан ($2,7 \pm 0,4$ бірлік/м²) және кейреуік ($2,5 \pm 0,3$ бірлік/м²) үшін байқалды. Тау етегіндегі аймақта өсімдік тығыздығы дала аймағына қарағанда сәл төмен болды, мамыр айының басында сәйкесінше 10,4 және 10,7 бірлік/м²-ге жетті. Маусым айының басындағы фенологиялық бақылаулар дала аймағындағы 8,3 бірлік/м²-мен салыстырғанда, таулы аймақта өсімдік тығыздығының сәл жоғары екенін көрсетті ($9,2$ бірлік/м²).

Фенологиялық бақылаулар жеке қуаңшылыққа төзімді өсімдіктердің шығуына жауын-шашын деңгейінің, егістік аймағындағы жер асты суларының тереңдігінің және климаттық және ландшафттық сипаттамалардың әртүрлілігі айтарлықтай әсер ететінін көрсетті. Маусым айында жас өсімдіктердің тіршілік ету деңгейін бақылау барлық өсімдіктердің тіршілікке қабілетті және өсу кезеңінде екенін көрсетті.

Дала аймағының табиғи жайылымда жуашықты қоңырбас ($9,3 \pm 0,4$ дана/м²) басым, одан кейін арпабас шөбі ($6,3 \pm 0,3$ дана/м²), сирек қияқты қопалары ($3,0 \pm 0,6$ дана/м²) кездеседі. Шілде айында өсу маусымының толық аяқталуына байланысты дала аймағының табиғи өсімдік жамылғысында қияқтың жоғалып кеткені байқалды. Жайылым өнімділігіне әсер ететін және өсімдік жамылғысының проективтік күйін көрсететін негізгі көрсеткіштердің бірі – әртүрлі фитоценоздардағы өсімдіктердің биіктігін өлшеу. Сондықтан біз әртүрлі табиғи аймақтарда кең таралған көп компонент-ті өсімдіктер қауымдастықтарындағы өсімдіктердің орташа биіктігін бағаладық (4-сурет).



А



Б

4-сурет – Көп компонентті тұқымды жайылымдардағы бірінші жылғы үлгілер

Біркелкі өсімдік жамылғысы бар тау бөктеріндегі аймақта жүргізілген тәжірибенің бақылау нұсқасында өсімдіктің орташа биіктігі көктемде 15,5 см, жазда

18,2 см және күзде 13,3 см болды. Өсімдіктің ең үлкен биіктігі жусан + кейреуік + қараматау + шоған + сексеуіл өсімдіктерінің қауымдастығында 6-7 м жер асты суларының тереңдігінде тіркелді: көктемде 35,7 см, жазда 57,8 см және күзде 44,4 см. Басқа нұсқада - жусан + кейреуік + қараматау өсімдіктерінің қауымдастығымен - өсімдіктің биіктігінің көрсеткіштері аралық мәнді иеленді және көктемде 32,5 см, жазда 47,7 см және күзде 42,8 см болды (2-кесте).

Жер асты суларының тереңдігі 10-12 м болатын дала аймағында жусан + кейреуік + қараматау + шоған + сексеуіл қауымдастығындағы өсімдіктер ең үлкен биіктікті көрсетті: көктемде 32,3 см, жазда 50,7 см және күзде 41,5 см. Басқа өсімдік қауымдастықтарының мәндері аз болды: жусан + кейреуік + қараматау қауымдастығында биіктік көктемде 28,6 см, жазда 39,2 см және күзде 36,8 см; табиғи өсімдіктер алқабында - сәйкесінше 12,4 см, 15,6 см және 10,7 см болды (4-суретті қараңыз).

2-кесте – Тау етегіндегі аралас шөпті жайылымдардағы өсімдіктердің биіктігінің көрсеткіштері, см

Табиғи аймақ	Жер асты суларының тереңдігі	Нұсқа (өсімдік қауымдастықтары)	Мезгіл, см		
			көктем	жаз	күз
Далалы	6-7 м	Біркелкі өсімдіктері бар табиғи жайылымдар (бақылау).	15,5	18,2	13,3
		Жусан + кейреуік + қараматау	32,5	47,7	42,8
		Жусан+ кейреуік + қараматау + шоған + сексеул	35,7	57,8	44,4
Шөлді	10-12 м	Біркелкі өсімдіктері бар табиғи жайылымдар (бақылау).	12,4	15,6	10,7
		Жусан + кейреуік + қараматау	28,6	39,2	36,8
		Жусан+ кейреуік + қараматау + шоған + сексеул	32,3	50,7	41,5



А



Б

5-сурет – Көп компонентті өсімдіктер қауымдастықтарындағы өсімдік биіктігін өлшеу

Табиғи және көп компонентті фитоценоздардағы өсімдіктердің биіктігін өлшеу бойынша эксперименттік деректерді талдау шөпті алқаптардың ең жақсы өсуі мен дамуы тау бөктеріндегі аймақта байқалатынын көрсетеді, мұнда өсімдіктердің орташа биіктігі 57,8 см-ге жетеді. Ең төменгі мәндер күзде өсімдіктердің биіктігі 10,7 см-ден аспаған дала аймағының бақылау нұсқасында тіркелді. Сондай-ақ, шөптің максималды биіктігі жазда байқалатынын атап өткен жөн – көктемге қарағанда 11–18 см жоғары. Бұл күзге қарай жайылым өсімдіктерінің өсуі мен дамуы аяқталып, өсімдіктердің биіктігінің айтарлықтай төмендеуіне әкеледі.

2024 жылы тау етегіндегі аймақтың (жер асты суларының тереңдігі 6-8 м) және

дала аймағының (жер асты суларының тереңдігі 12 м) көпкомпонентті агрофитоценоздарының бөлігі ретінде жүргізілген құрғақ жемшөп дақылдары үлгілерінің өсуі мен дамуын зерттеу нәтижелеріне сүйене отырып, жеке түрлерде бейімделу белгілерінің өзгергіштігі анықталды (3-кестені қараңыз). Жусан, кейреуік және сексеуіл үлгілері тау етегіндегі аймақ жағдайларына ең үлкен икемділікті көрсетті; олардың өсіп келе жатқан өркендерінің орташа ұзындығы сәйкесінше $5,1 \pm 0,2$ см; $4,1 \pm 0,1$ см және $6,4 \pm 0,7$ см болды (5-суретті қараңыз). Дала аймағы жағдайында қараматау, шоған және сексеуіл үшін өркен өсуінің максималды мәндері тіркелді - сәйкесінше $6,7 \pm 0,5$ см, $5,9 \pm 0,3$ см және $8,1 \pm 0,8$ см.

3-кесте – Оңтүстік Қазақстанның әртүрлі табиғи аймақтарындағы агрофитоценоз үлгілерінің вегетативтік өсу ерекшеліктері (2024)

Табиғи аймақ	Түрі	Өсіп келе жатқан өркендердің орташа ұзындығы, см
Тау етегіндегі аймақ (жер асты суларының тереңдігі 6-7 м)	жусан	$5,1 \pm 0,2$
	кейреуік	$4,1 \pm 0,1$
	қараматау	$3,2 \pm 0,3$
	шоған	$2,6 \pm 0,4$
	сексеуіл	$6,4 \pm 0,7$
Далалы (жер асты суларының тереңдігі 10-12 м)	жусан	$5,3 \pm 0,6$
	кейреуік	$5,0 \pm 0,6$
	қараматау	$6,7 \pm 0,5$
	шоған	$5,9 \pm 0,3$
	сексеуіл	$8,1 \pm 0,8$

Нәтижелер кейреуік пен жусан үлгілерінің тау етегіндегі аймақтың топырақ және климат жағдайларына жақсы бейімделуін және қараматау мен шоған үлгілерінің топырақ құрылымымен және жоғары тұздылығымен сипатталатын дала аймағында жақсы өсуіне байланысты олардың белгілі бір селективтілігін көрсетеді. Жалпы алғанда, барлық тәжірибелік дақылдар жеткілікті дәрежеде өздігінен себілді және өзін-өзі жаңартуға және алып жатқан аумағын айтарлықтай кеңейтуге қабілетті болды.

Табиғи жайылымдар Қазақстандағы мал шаруашылығы үшін негізгі жем көзі болып табылады және жем өндірісінің төмен құнына байланысты оларды пайдалану өте тиімді. Сондықтан табиғи жайылымдарды өнімді жағдайда ұстау және құрғақ жемдік дақылдардың көп компонентті фитоценоздарын жасау маңызды факторлар болып табылады. Сондықтан біз табиғи және көп компонентті фитоценоздардың өнімділігін зерттедік.

2021-2024 жылдарға арналған көп компонентті тұқымды агрофитоценоздардың өнімділігін зерттеу көктемде ең жоғары жайылымдық биомасса тау бөктеріндегі және дала аймақтарындағы фитоценоздарда, соның ішінде жусан + кейреуік + қараматау + шоған + сексеуіл бес компонентті фитоценозда байқалғанын, онда орташа есеппен 15,1 және 12,6 ц/га құрағанын көрсетті. Өнімділік бойынша аралық орынды құрғақ жемшөп дақылдарының қоспасынан алынған үш компонентті фитоценоз алды: жусан + кейреуік + қараматау + шоған + сексеуіл, онда орташа есеппен 12,6 және 10,8 ц/га құрады (4-кесте).

Құрылған көп компонентті фитоценоздардың тағамдық құндылығы мен

химиялық құрамын зерттеу. Мал шаруашылығын құнарлы жеммен қамтамасыз ету және оны ұтымды пайдалану мал шаруашылығы өнімдерін өндіруді арттыру және шығындарды азайту үшін өте маңызды. Дұрыс және ұтымды жемдеудің шарттарының бірі - пайдаланылатын өсімдіктердің жем сапасының маңыздылығы. Өсімдіктердің жемдік құндылығы олардың химиялық құрамымен, тағамдық құндылығымен және малға дәмділігімен анықталады.

4-кесте – 2022-2024 жылдарға арналған тау бөктеріндегі және далалық аймақтардағы көпжылдық табиғи және мәдени фитоценоздардың жасыл массасының өнімділігі

Табиғи аймақ	Нұсқа (өсімдік қауымдастықтары)	Жылдар, ц/га			
		2022	2023	2024	в среднем за 3 года
Тау етегіндегі аймақ (жер асты суларының тереңдігі 6-7 м)	Біркелкі өсімдіктері бар табиғи жайылымдар (бақылау).	7,7	9,7	8,5	8,6
	Жусан + кейреуік + қараматау	13,4	12,3	12,1	12,6
	Жусан+ кейреуік + қараматау + шоған + сексеул	15,2	15,7	14,6	15,1
Далалы (жер асты суларының тереңдігі 10-12 м)	Біркелкі өсімдіктері бар табиғи жайылымдар (бақылау).	6,5	7,2	7,8	7,1
	Жусан + кейреуік + қараматау	10,8	10,1	11,7	10,8
	Жусан+ кейреуік + қараматау + шоған + сексеул	12,8	11,4	12,6	12,2

Оңтүстік Қазақстанның табиғи жайылымдары өнімді емес. Сондықтан, шалғай мал шаруашылығын дамытудың кілті - көп компонентті, жоғары қоректік азықтық дақылдарды қамтитын жайылымдармен ұсынылған тұрақты жемдік базаны құру. Бұл маңыздылық олардың жоғары қоректік құндылығымен, әмбебаптығымен, энергия өндіруімен және өсірудің жоғары экономикалық тиімділігімен, сондай-ақ осы өсімдік түрлеріне тән басқа да бірқатар экономикалық пайдалы қасиеттерімен байланысты. Тау етегіндегі аймақта үш жыл ішінде орташа есеппен ең жоғары ақуыз мөлшері кейреуікте (16,0%) және шоғанда (14,2%) байқалды. Дала аймағында ең жоғары ақуыз мөлшері кейреуік үлгілерінде алынды, орташа есеппен 17,6%, ал сәйкесінше кейреуік үлгілерінде 16,4% құрады. Бұл кейреуік үлгілерінің топырақ құрылымына және оның ерекшеліктеріне селективтілігімен түсіндіріледі, олар дала аймағы жағдайында құмды сазды және төмен тұздылық түрінде көрінеді.

Қорытынды. Метеорологиялық жағдайлардың әсерін зерттеу соңғы жылдары пайда болған заңдылықты көрсетеді, ең жоғары ауа температурасы маусым және шілде айларында болады, бұл өсімдіктердің өсуі мен дамуына айтарлықтай әсер етеді. Құаңшылыққа төзімді дақылдардың тұқым өну деңгейі 41,3-тен 50,0 пайызға дейін болатыны анықталды. Зерттелген құаңшылыққа төзімді дақылдарының ішінде сексеуіл тұқымының өну деңгейі ең төмен, 8,5% құрайды, бұл гектарға себу мөлшерін анықтаған кезде ескерілуі керек. 2024 жылы көп компонентті тұқымды агрофитоценоздардың өнімділігін зерттеу көктемде ең жоғары жайылым биомассасы тау бөктеріндегі және дала аймақтарының фитоценоздарында, соның ішінде жусан + кейреуік + қараматау + шоған + сексеуілдің бес компонентті фитоценозында байқалғанын көрсетті, онда ол сәйкесінше гектарына орта есеппен 15,1 және 12,6 ц құрады. Өнімділік тұрғысынан құаңшылыққа төзімді дақылдарының, жусан + кейреуік + қараматау + шоған + сексеуілдің үш компонентті фитоценозы орташа болды, орташа өнімділік сәйкесінше 12,6 және 10,8 ц/га құрады.

Литература:

- [1] **Аюшева, Е.Ч.,** Джапова Р.Р. Видовой состав и продуктивность фитоценозов улучшенных путем фитомелиорации на бурных полупустынных почвах Калмыкии // Известия Самарского научного центра РАН, 2012. – Т 14. – п№1 (5). – С. 1187-1190.
- [2] **Масоночич–Шотуновой, Р.С.,** Сырлыбаев Г.О., Аскарлова Ш.К. Пастбища Казахстана (Мониторинг биотехнического состояния) // Наука, производство, бизнес: современное состояние и пути инновационного развития аграрного сектора на примере агрохолдинга «Байсерке-Агро»: сборник трудов международно-произв. конференции, посвященной 70-летию заслуженного деятеля РК Досмухамбетова Темирхана Мынайдаровича (4-5 апреля 2019, Алматы, Казахстан) Под общ.ред. акад. Б.Т. Жумагулова, А.О. Сагитова, Н.М. Темирбекова. – Алматы, 2019. – Т. 4. – 356 с.
- [3] **Насиев, Б.,** Тулегенова Д.К. Выпас и состояние растительности пастбищных угодий // Ғылым және білім, 2020. – №1-2. (58). – С. 59-64
- [4] **Лебедь, Л.В.,** Алимаев И.И., Царева Е.Г., Токпаев З.Р., Рекомендации по использованию агроклиматической информации применительно к фитомелиорации пустынных пастбищ. – Алматы, 2009. – 36 с.
- [5] **Шамсутдинов, З.Ш.,** Ибрагимов И.О. Долголетние пастбищные агрофитоценозы в аридной зоне Узбекистана. – Ташкент: Изд-во “Фан” Узбекской ССР, 1983. – 176 с.
- [6] **Махмудов, М.М.** Агробιοлогические основы и технология улучшения пастбищ Кызылкум // Автореферат дисс. на соис. уч. степени доктора сельскохозяйственных наук.-Ташкент, 1998. – 50с.
- [7] **Матвеев, Н.А.** Терескен и его роль в улучшении кормовой базы на юге-востоке европейской территории СССР //Автореферат дисс. на соис. уч. степени доктора сельскохозяйственных наук. – Ленинград, 1990. – 39 с.
- [8] **Кизяев, Б.М.,** Бородычев В.В., Салдаев А.М., Понов В.П., Тумалян А.Ф. Способ создания поликомпонентных пастбищ на аридных землях //Описание изобретение к патенту RU 2 278 487 С1. Заявка 2004 /30512/12, 10.18.2004; Опубликовано 27.06.2006.
- [9] **Кизяев, Б.М.,** Бородычев В.В., Салдаев А.М., Понов В.П., Тумалян А.Ф. Способ создания долголетних пастбищных экосистем круглогодичного использования // Описание изобретение к патенту RU 2 271 643 С1. Заявка 2004 /29715/12, 13.10.2004; Опубликовано 20.03.2006 Бюл. №8.
- [10] **Зеленская, Е.А.,** Гордаева К.Н., Файзев Р.М. Способ восстановления деградированных пастбищ аридных территорий // Описание изобретение к патенту RU 2 683 044 С1. Заявка 2018118461, 18.05.2018; Опубликовано 26.03.2019 Бюл. №9.
- [11] **Уртасан, М.,** Пастбищная дигрессия в степях Центральной Монголии (на примере солончаков Батумбор центрального аймака Монголии) [Текст] /Люберский Е.Л. //Ученые записки Казанского университета. – Том 155, кн. 1. – Естественные науки, 2013. – С. 158-167.
- [12] **Асанов, К. А.** Пастбищные хозяйства Казахстана (с новыми экологии). [Текст] /Шах Б.П., Алимаев И.И., Приянищikov С.Н. – Алма-Ата: Ғылым, 1992. – С. 232-274.
- [13] **Жамбакин, Ж.А.** Влияние раннего и запоздалого начала выпаса овец на рост и развитие растений, на продуктивность полынных пастбищ [Текст] /Молабекова К.М. //Создание и использование сенкосов пастбищ в пустынной и полупустынных зонах. Сборник научных трудов. – Алма-Ата, 1980. – С.43-54.
- [14] **Ottinowski, R.** Grazing Effects on the Composition, Diversity, and Function of Wet Meadow Grasslands in Manitoba, Canada //Rangeland Ecology & Management. [Internet] /Coffey V. – 21. Vol. 80. – P. 78-86. ISSN 1550-7424, <https://doi.org/10.1016/rama.2021.10.002>.
- [15] **Алиева, Р.К.** Экологическое состояние и кормовая продуктивность основных типов пастбищ Южного Прибалхашья [Текст] //Автореферат кан. дисс. – Алматы, 2003. – С.19.

References:

- [1] **Ajusheva, E.Ch.,** Dzhapova R.R. Vidovoj sostav i produktivnost' fitocenozov uluchshennyh putem fitomelioracii na burnyh polupustynnyh pochvah Kalmykii // Izvestija Samarskogo nauchnogo centra RAN, 2012. – Т 14. – п№1 (5). – S. 1187-1190. [in Russian]

- [2] **Masonochich–Shotunovoj, R.S.**, Syrlybaev G.O., Askarova Shh.K. Pastbishha Kazahstana (Monitorig biotekhnicheskogo sostojanaja) // Nauka, proizvodstvo, biznes: sovremennoe sostojanie i puti innovacionnogo razvitiya agrarnogo sektora na primere agroholdinga «Bajserke-Agro»: sbornik trudov mezhdunarodnogo-proizv. konferencii, posvjashhennoj 70–letiju zaslužennogo dejatelja RK Dosmuhambetova Temirhana Mynajdarovicha (4-5 aprelja 2019, Almaty, Kazahstan) Pod obshh.red. akad. B.T. Zhumagulova, A.O. Sagitova, N.M. Temirbekova. – Almaty, 2019. – T. 4. – 356 s. [in Russian]
- [3] **Nasiev, B.**, Tulegenova D.K. Vypas i sostojanie rastitel'nosti pastbishhnyh ugodij // Fylym zhəne bilim, 2020. – №1-2. (58). – S. 59-64 [in Russian]
- [4] **Lebed', L.V.**, Alimaev I.I., Careva E.G., Tokpaev Z.R., Rekomendacii po ispol'zovaniju agroklimaticheskoy informacii primenitel'no k fitomelioracii pustynnyh pastbishh. – Almaty, 2009. – 36 s. [in Russian]
- [5] **Shamsutdinov, Z.Sh.**, Ibragimov I.O. Dolgoletnie pastbishhnye agrofitocenozy v aridnoj zone Uzbekistana. – Tashkent: Izd-vo “Fan” Uzbekskoj SSR, 1983. – 176 s. [in Russian]
- [6] **Mahmudov, M.M.** Agrobiologicheskie osnovy i tehnologija uluchshenija pastbishh Kyzylkum // Avtoreferat diss. na sois. uch. Stepeni doktora sel'skohozjajstvennyh nauk.- Tashkent, 1998. – 50s. [in Russian]
- [7] **Matveev, N.A.** Teresken i ego rol' v uluchshenii kormovoj bazy na juge-vostoke evropejskoj territorii SSSR //Avtoreferat diss. na sois. uch. Stepeni doktora sel'skohozjajstvennyh nauk. – Leningrad, 1990. – 39 s. [in Russian]
- [8] **Kizjaev, B.M.**, Borodychev V.V., Saldaev A.M., Ponov V.P., Tumakjan A.F. Sposob sozdaniya polikomponentnyh pastbishh na aridnyh zemljah //Opisanie izobretenie k patentu RU 2 278 487 S1. Zajavka 2004 /30512/12, 10.18.2004; Opublikovono 27.06.2006. [in Russian]
- [9] **Kizjaev, B.M.**, Borodychev V.V., Saldaev A.M., Ponov V.P., Tumakjan A.F. Sposob sozdaniya dolgoletnih pastbishhnyh jekosistem kruglogodichnogo ispol'zovanija // Opisanie izobretenie k patentu RU 2 271 643 S1. Zajavka 2004 /29715/12, 13.10.2004; Opublikovono 20.03.2006 Bjul. №8. [in Russian]
- [10] **Zelenskaja, E.A.**, Gordaeva K.N., Fajzev R.M. Sposob vosstanovlenija degradirovannyh pastbishh aridnyh territorij // Opisanie izobretenie k patentu RU 2 683 044 S1. Zajavka 2018118461, 18.05.2018; Opublikovono 26.03.2019 Bjul. №9. [in Russian]
- [11] **Urtasan, M.**, Pastbishhnaja digressija v stepjah Central'noj Mongolii (na primere solona Batumbor central'nogo ajmaka Mongolii) [Tekst] /Ljuberskij E.L. //Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta. – Tom 155, kn. 1. – Estestvennye nauki, 2013. – S. 158-167. [in Russian]
- [12] **Asanov, K. A.** Pastbishhnre hozjajstva Kazahstana (s oselivali jekolgolii). [Tekst] /Shah B.P., Alimaev I.I., Prijanshikov S.N. – Alma-Ata: Fylym, 1992. – S. 232-274. [in Russian]
- [13] **Zhambakin, Zh.A.** Vlijanie ranego i zapozdalogo nachala vypasa ovec na rost i razvitie rastenij, na produktyvnost' polynyh pastbishh [Tekst] /Molabekova K.M. //Sozdanie i ispol'zovanie senkosov pastbishh v pustynnoj i polupustynnyh zonah. Sbornik nauchnyh trudov. – Alma-Ata, 1980. – S.43-54. [in Russian]
- [14] **Ottinowski, R.** Grazing Effects on the Composition, Diversity, and Function of Wet Meadow Grasslands in Manitoba, Canada //Rangeland Ecology & Management. [Internet] /Coffey V. – 21. Vol. 80. – P. 78-86. ISSN 1550-7424, <https://doi.org/10.1016/j.rama.2021.10.002>.
- [15] **Alieva, R.K.** Jekologicheskoe sostojanie i kormovaja produktyvnost' osnovnyh tipov pastbishh Juzhnogo Prebalhash'ja [Tekst] //Avtoreferat kan. diss. – Almaty, 2003. – S.19. [in Russian]

ИЗУЧЕНИЕ АДАПТАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ЗАСУХОУСТОЙЧИВЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА ЮЖНОГО КАЗАХСТАНА

Рахманбердиева Ж.Н.¹, PhD

Кашкаров А.А.¹, кандидат сельскохозяйственных наук

Икрамов И.Г.², PhD

Дуйсенова С.С.¹, магистр естественных наук

Изтлеуова А.Б.¹, магистр естественных наук

¹Южно-Казахстанский университет им. М.Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан

²Шымкентский университет, г.Шымкент Казахстан

Аннотация. В данной статье представлены результаты исследования количественных и качественных показателей влияния семян засухоустойчивых растений на формирование растительного покрова в условиях предгорных и полупустынных зон южного Казахстана с учетом качества поля и метеорологических условий. На основе анализа метеорологических данных и лабораторных исследований, проведенных в 2024 году, были выявлены основные факторы, способствующие ухудшению состояния естественных пастбищ в предгорных и полупустынных зонах региона. Как выяснилось, 2024 год характеризовался отсутствием экстремальных температурных условий: уменьшилось количество жарких дней, повысились минимальные ночные температуры, а зимний сезон стал мягче. По сравнению с предыдущими годами, самым жарким было лето 2022 года (максимальная температура достигла +44 °С), а минимальная температура (–26,7 °С) была зафиксирована в 2023 году. Кроме того, среднегодовые температуры 2022 и 2023 годов были схожими, в то время как 2024 год отличался более умеренным температурным режимом. Годовое количество осадков было относительно стабильным, составляя около 600 мм, и существенных колебаний между годами не наблюдалось. Была определена закономерность максимального повышения температуры воздуха в июне-июле, что существенно повлияло на рост и развитие растительного покрова. Лабораторные исследования показали, что энергия прорастания семян засухоустойчивых растений колебалась от 41,3% до 50,0%. Среди изученных культур наименьшая всхожесть была у семян саксаула – 8,5%, что следует учитывать при определении нормы высева на гектар. Оптимальные агрономические параметры посева были определены в ходе изучения влияния метеорологических условий и качества семян на быстрое восстановление многокомпонентных агрофитоценозов. Оптимальная глубина посева для засухоустойчивых растений составила 3-5 см, а оптимальная глубина верхнего слоя почвы – 30-32 см.

При оценке всхожести семян засухоустойчивых растений для создания многокомпонентных пастбищ на горных склонах и в полупустынных районах, всхожесть семян полыни не превысила 19%. Всхожесть семян кейреука и чогона без предварительной обработки составила 25% и 8% соответственно.

Ключевые слова: засухоустойчивые растения, предгорная зона, степная зона, посевные качества семян, многокомпонентное пастбище, агрофитоценоз.

STUDY OF THE ADAPTATION POTENTIAL OF DROUGHT-TOLERANT PLANTS UNDER CLIMATE CHANGE IN SOUTHERN KAZAKHSTAN

Rakhmanberdieva Zh.N.¹, PhD

Kashkarov A.A.¹, candidate of agricultural sciences

Ikramov I.G.², PhD

Duysenova S.S.¹, Master of Natural Sciences

Iztleuova A.B.¹, Master of Natural Sciences

¹M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent city, Kazakhstan

²Shymkent University, Shymkent city, Kazakhstan

Annotation. This article presents the results of a study examining the quantitative and

qualitative impact of drought-resistant plant seeds on vegetation development in the foothill and semi-desert zones of southern Kazakhstan, taking into account field quality and meteorological conditions. Based on an analysis of meteorological data and laboratory studies conducted in 2024, the main factors contributing to the deterioration of natural pastures in the region's foothill and semi-desert zones were identified. It was found that 2024 was characterized by a lack of extreme temperatures: the number of hot days decreased, minimum night temperatures increased, and the winter season became milder. Compared to previous years, the hottest summer of 2022 (maximum temperature reached +44°C), and the minimum temperature (-26.7°C) was recorded in 2023. Furthermore, average annual temperatures in 2022 and 2023 were similar, while 2024 was characterized by more moderate temperatures. Annual precipitation was relatively stable, at approximately 600 mm, with no significant fluctuations between years. A pattern of maximum air temperature increases in June and July was observed, which significantly impacted the growth and development of vegetation. Laboratory studies showed that the germination rate of drought-resistant plant seeds ranged from 41.3% to 50.0%. Among the studied crops, saxaul seeds had the lowest germination rate, at 8.5%, which should be taken into account when determining the seeding rate per hectare. Optimal agronomic sowing parameters were determined by studying the influence of meteorological conditions and seed quality on the rapid restoration of multi-component agrophytocenoses. The optimal seeding depth for drought-resistant plants was 3-5 cm, and the optimal topsoil depth was 30-32 cm.

When evaluating the germination of drought-resistant plant seeds for creating multi-component pastures on mountain slopes and in semi-desert areas, wormwood seed germination did not exceed 19%. The germination rates of keyreuk and chogon seeds without pre-treatment were 25% and 8%, respectively.

Keywords: arid plants, foothill zone, steppe zone, sowing qualities of seeds, multicomponent pastures, agrophytocenosis.

**МОНИТОРИНГ РЕЗИСТЕНТНОСТИ ДУРНИШНИКА ОБЫКНОВЕННОГО
(*XANTHIUM STRUMARIUM*) К ОТДЕЛЬНЫМ ГРУППАМ ГЕРБИЦИДОВ И
ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ЕЕ ПРЕОДОЛЕНИЯ**

Арыстангулов С.С., кандидат сельскохозяйственных наук, профессор
sembek01.03.50@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4777-3735>

Бекежанова М.М., кандидат сельскохозяйственных наук, ассоциированный профессор
madina.bekezhanova.80@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2224-3399>

Есимов У.О., кандидат сельскохозяйственных наук
ulan.kz_81@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0008-7368-0074>

Башкараев Н.А., старший научный сотрудник
bashkaraev_n@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8487-4028>

Нурманов Ж. Г., научный сотрудник
dos__94@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1323-3914>

Нысанбаев С.Н., младший научный сотрудник
nurjau2006.kz@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-6477-9641>

ТОО «Казахский научно - исследовательский институт защиты и карантина растений им.
Ж. Жиембаева», г. Алматы, Казахстан.

Аннотация. Проблема формирования резистентности сорных растений к гербицидам сохраняет высокую актуальность и продолжает привлекать внимание исследователей. Систематическое применение препаратов с одинаковым механизмом действия, возделывание монокультур, а также недостаточный фитосанитарный контроль агроценозов способствуют отбору устойчивых популяций сорных растений. В результате снижается эффективность гербицидов и возрастает риск загрязнения окружающей среды вследствие увеличения пестицидной нагрузки. Формирование резистентности у вредных организмов рассматривается как один из ключевых факторов, ограничивающих устойчивое развитие современного растениеводства.

Результаты многократного фитосанитарного мониторинга на посевах полевых культур показали, что испытываемые гербициды различались по эффективности в подавлении развития *Xanthium strumarium*. Так, при применении гербицида Корсар, в.р.к. (2,0 л/га) отмечено подозрение на формирование резистентности: доля выживших растений составила 10-20%, что соответствует высокой биологической эффективности препарата (80-90%). При использовании гербицида Бенагро, в.р. (2,5 л/га) установлена низкая степень устойчивости сорняка, при этом эффективность подавления составила 60-80%. Обработка посевов яровой пшеницы сорта Казахстанская 4 гербицидом Балерина, с.э. (0,5 л/га) показала среднюю степень резистентности, что сопровождалось снижением эффективности препарата до 40-60%. Таким образом, биологическая эффективность гербицидов варьировала в зависимости от действующего вещества, механизма действия, а также фазы развития сорного растения и уровня сформированной резистентности.

В целях предотвращения формирования резистентных биотипов сорных растений необходимо реализовывать комплекс профилактических мероприятий. В первую очередь, при длительном и систематическом применении гербицидов с одинаковым механизмом действия следует регулярно проводить фитосанитарный мониторинг засоренности посевов для выявления устойчивых биотипов. Одним из ранних признаков формирования резистентности является снижение биологической эффективности применяемых препаратов.

Для предупреждения возникновения и распространения резистентных популяций

Xanthium strumarium необходимо чередование гербицидов различных химических групп и механизмов действия в системе севооборота. Использование препаратов с различными механизмами действия способствует подавлению выживших устойчивых биотипов при последующих обработках сельскохозяйственных культур.

При выявлении резистентных форм сорных растений следует максимально использовать агротехнические методы защиты, включая оптимизацию севооборота, обработку почвы, регулирование сроков сева и другие приемы, направленные на снижение засоренности посевов.

Ключевые слова: Дурнишник обыкновенный, гербициды, резистентность, фитосанитарный мониторинг, полевые культуры.

Введение. Основой современной стратегии защиты растений от вредных организмов является разработка научно обоснованных систем интегрированной защиты, направленных на предотвращение потерь сельскохозяйственной продукции, стабилизацию фитосанитарной обстановки и снижение пестицидной нагрузки при одновременном повышении биологической и экономической эффективности.

Проблема формирования резистентности вредных организмов к пестицидам, возникшая в середине XX века, остается одной из наиболее актуальных в XXI веке, поскольку затрагивает не только сельскохозяйственное производство, но и такие сферы, как охрана окружающей среды, здравоохранение и производство средств защиты растений. Несмотря на принимаемые меры, во всем мире наблюдается устойчивый рост числа видов вредных организмов, в популяциях которых формируется резистентность к применяемым препаратам [1].

Быстро распространяющиеся биотипы сорных растений, устойчивых к гербицидам, представляют серьезную угрозу для сельскохозяйственного производства. По данным международных баз, к 2025 году в мире зарегистрировано более 540 случаев резистентности, охватывающих свыше 270 видов сорных растений, что свидетельствует о глобальном характере проблемы [2].

Современные исследования показывают, что резистентность сорных растений формируется под действием селективного давления, обусловленного многократным применением гербицидов с одинаковым механизмом действия. При этом широко распространены как перекрестная, так и множественная резистентность, что существенно усложняет контроль сорной растительности [3].

По данным современных обзоров (2025 г.), резистентность реализуется через различные механизмы, включая изменения в месте действия гербицида и метаболическую детоксикацию, что делает проблему особенно сложной и многофакторной [4].

Изучение резистентности вредных организмов к пестицидам имеет ключевое значение для развития растениеводства и системы защиты растений. Формирование резистентности является результатом эволюционных изменений, обусловленных селективным давлением пестицидов, и приводит к снижению эффективности химических методов защиты. Данное явление сопровождается ростом экономических потерь и повышением экологических рисков [5]. В аграрном секторе проблема устойчивости вредных организмов приобретает все более сложный характер, оказывая негативное влияние на продуктивность сельскохозяйственных культур и продовольственную безопасность. В этой связи, резистентность сорных растений рассматривается как одна из наиболее серьезных проблем современной гербологии, определяющая направления ее дальнейшего развития [6].

В Республике Казахстан проблема резистентности также имеет приоритетное значение, поскольку связана со значительными потерями урожая, увеличением затрат на защитные мероприятия и негативным воздействием на окружающую среду.

Исходя из вышеизложенного, целью настоящего исследования является

изучение резистентности сорных растений, в частности *Xanthium strumarium*, к гербицидам различных химических групп с последующим выявлением устойчивых биотипов и разработкой эффективных мер контроля, направленных на сохранение продуктивности сельскохозяйственных культур и снижение негативного воздействия пестицидов на окружающую среду.

При длительном систематическом применении гербицидов с одинаковым механизмом действия возникает необходимость организации регулярного фитосанитарного мониторинга засоренности посевов для выявления резистентных биотипов. Одним из ранних признаков формирования резистентности является снижение биологической эффективности применяемых препаратов [7].

Фитосанитарный мониторинг является основой для обоснования стратегии и тактики защитных мероприятий. Его основными задачами являются контроль фитосанитарного состояния сельскохозяйственных культур, обеспечение экологической безопасности и экономически обоснованной защиты от вредных организмов, а также получение стабильного урожая. На основе данных мониторинга оцениваются текущее состояние посевов, распространение вредных организмов и степень поражения сельскохозяйственных культур болезнями, вредителями и сорняками. Полученная информация используется для планирования и своевременного проведения защитных мероприятий в оптимальные агротехнические сроки [8, 9].

Мониторинг резистентности *Xanthium strumarium* к гербицидам в посевах полевых культур является ключевым элементом системы интегрированной защиты растений, особенно в условиях снижения эффективности применяемых препаратов [10].

В связи с этим, задачей исследования являлось изучение особенностей формирования резистентных популяций сорных растений к пестицидам и разработка мер по предотвращению и преодолению резистентности у *Xanthium strumarium* к гербицидам. Для решения поставленной задачи проведен фитосанитарный мониторинг посевов сельскохозяйственных культур в условиях юго-востока Казахстана.

Материалы и методы исследования. Объектами исследований являлись дурнишник обыкновенный, гербициды различных химических групп, посевы полевых культур.

Фитосанитарный мониторинг проводился с целью выявления резистентных форм *Xanthium strumarium* к гербицидам различных химических групп в производственных посевах сельскохозяйственных культур юго-восточного Казахстана.

Для выполнения поставленной задачи ежегодно проводили фитосанитарный мониторинг посевов полевых культур с целью определения засоренности полей *Xanthium strumarium* и выявления признаков устойчивости сорных растений к гербицидам [11, 12]. Учет сорных растений осуществляли количественным методом: поле проходили по диагонали, через равные интервалы накладывали учетную рамку размером 50×50 см (0,25 м²). На полях площадью до 50 га учет проводили в 10 точках, от 50 до 100 га - в 15 точках, свыше 100 га - в 20 точках. В пределах рамки определяли общее количество сорных растений и численность каждого вида отдельно (шт./0,25 м²). Дополнительно оценивали биометрические показатели *Xanthium strumarium* до и после обработки гербицидами. После обработки учитывали остаточную численность сорняка и их биомассу. Биологическую эффективность гербицидов рассчитывали по общепринятой методике [13]. Фитосанитарный мониторинг по выявлению признаков устойчивости сорного растения к гербицидам проводили в соответствии с рекомендуемой методике FAO(2016)[14]. Урожайность сельскохозяйственных культур и ее структуру определяли в соответствии с методикой Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [15].

Регулирование численности культурного и сорного компонентов агроценоза

осуществляется на основе агробиологических критериев вредоносности, включающих пороги вредоносности, коэффициенты вредоносности и выживаемости в критические периоды развития, а также оценку конкурентных взаимоотношений культурных и сорных растений. Существенное значение имеет анализ регуливающей роли агротехнических приемов и гербицидов в ограничении численности сорных растений и повышении продуктивности полевых агроценозов [16, 17].

Результаты исследований. С целью оценки распространения *Xanthium strumarium* L. и выявления признаков формирования устойчивости к гербицидам различных механизмов действия проведен фитосанитарный мониторинг посевов сельскохозяйственных культур в отдельных хозяйствах Алматинской и Жетысуской областей (таблица 1). Обследования охватывали посевы сои, сахарной свеклы, яровой пшеницы, ярового ячменя, а также паровые поля.

Проведенные исследования показали, что дурнишник обыкновенный сохраняет широкое распространение в агроценозах юго-востока Казахстана и характеризуется высокой экологической пластичностью, что обеспечивает его успешную адаптацию в посевах различных культур. По результатам маршрутных обследований установлено, что степень засоренности обследованных полей варьировала в широких пределах - от полного отсутствия растений до 15,0 шт./м². Такая неоднородность свидетельствует о существенном влиянии почвенно-климатических условий, виды культуры, уровня агротехники и фитосанитарной истории конкретного поля на распространение данного сорняка.

Таблица 1 – Результаты фитосанитарного мониторинга *Xanthium strumarium* в посевах сельскохозяйственных культур юго-востока Казахстана (2025 г.)

№	Район, хозяйство	Культура	Обследуемая площадь, га	Фаза развития культуры	Количество дурнишника, шт./м ²	Координаты полей
1	2	3	4	5	6	7
Алматинская область						
1	г. Конаев, СПК «Ақөзек»	пары	60,3	-	-	43.951711 77.504811
2	г. Конаев, СПК «Ақөзек»	соя	11,5	ветвление	6,0	43.961459 77.493345
3	г. Конаев, КХ «Айбек»	соя	24,0	ветвление	9,0	43.911833 77.603576
4	г. Конаев, КХ «Айбек»	сахарная свекла	15,0	формирование корнеплодов	3,5	43.911833 77.603576
Область Жетысу						
1	Кербулакский район, с/о Шубар, КХ «Еркін»	сахарная свекла	7,0	формирование корнеплодов	5,0	44.561540 79.044103
2	Кербулакский район, с/о Когалы, КХ «Бірлік»	ячмень яровой	65,0	выход в трубку	2,0	44.436913 78.669758
3	Кербулакский район, с/о Когалы, КХ «Бірлік»	пшеница яровая	21,0	выход в трубку	3,0	44.459283 78.665490

1	2	3	4	5	6	7
4	Кербулакский район, с/о Жайнак батыр, ТОО «Жолбарыс Агро»	ячмень яровой	34,0	выход в трубку	4,0	44.348342 78.562417
5	Кербулакский район, с/о Жоламан, КХ «Ынтымак»	пшеница яровая	95,0	выход в трубку	нет	44.265637 77.509566
6	Коксуский район, с/о Жарлыозек, КХ «Галым»	соя	24,0	ветвление	7,0	44.897263 78.051885
7	Коксуский район, с/о Жарлыозек, КХ «Галым»	соя	17,0	ветвление	8,0	44.894546 78.019801
8	Коксуский район, с/о Мукры, КХ «Кайнар Көксу»	соя	27,0	ветвление	9,0	44.886665 78.151665
9	Ескелдинский район, с/о Алдабергенов, КХ «Жексембинов»	соя	10,0	ветвление	15,0	44.867929 78.299603
10	Ескелдинский район, с/о Алдабергенов, КХ «Жексембинов»	сахарная свекла	6,5	Формирование корнеплодов	12,0	44.874206 78.297150
11	Ескелдинский район, с/о Каратал, КХ «Жайлыбаева Н.»	сахарная свекла	12,0	формирование корнеплодов	11,0	44.899213 78.689328

Анализ данных таблицы 1 показал, что наименьшая засоренность отмечена в посевах зерновых культур, где численность сорняка составляла 2,0–4,0 шт./м². На отдельных полях яровой пшеницы и парах дурнишник не обнаружен, что может свидетельствовать о высокой эффективности предшествующих агротехнических и химических мероприятий.

Наиболее высокая плотность *Xanthium strumarium* зарегистрирована в посевах сои и сахарной свеклы, где численность достигала 11,0–15,0 шт./м². Следует отметить, что именно в пропашных культурах создаются наиболее благоприятные условия для развития данного вида: широкий междурядный интервал, лучшая освещенность и достаточное влагообеспечение. Особенно выраженное распространение сорняка отмечено в условиях орошения.

Полученные данные свидетельствуют о высокой конкурентоспособности дурнишника обыкновенного в агроценозах технических и зернобобовых культур, что создает риск существенного снижения урожайности и затрудняет проведение защитных мероприятий.

Для выявления признаков формирования резистентности проведены производственные наблюдения на засоренных полях с использованием гербицидов различных химических групп. Оценивали плотность сорняка, фазу его развития, высоту растений и уровень сохранности после обработки (таблица 2).

Согласно данным таблицы 2, наилучшие результаты получены при применении гербицида Корсар, в.р.к. (бентазон), где уровень резистентности был оценен как «подозрение», что указывает на сохранение высокой чувствительности популяции сорняка к препарату и отсутствие выраженных признаков устойчивости.

При применении препарата Бенагро, в.р. (также на основе бентазона) установлен низкий уровень резистентности. Это свидетельствует о появлении отдельных выживших растений, однако в целом чувствительность популяции остается удовлетворительной. Такие результаты указывают на необходимость дальнейшего наблюдения за динамикой реакции сорняка к препаратам данной химической группы.

Таблица 2 - Биометрические показатели дурнишника обыкновенного в посевах сои и яровой пшеницы до обработки гербицидами и их влияние на формирование резистентных биотипов в условиях Жетысуской области (2025 г.)

№	Район, хозяйство	Культура, сорт	Плотность сорняка шт./м ²	Высота сорняка см	Фаза развития сорняка	Название гербицида, д.в., норма расхода	Уровень резистентности
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Коксуский район, КХ «Галым»	соя, сорт «Жансая»	9,0	74,0	начало цветения	Бенагро, в.р. (бентазон 480 г/л), 2,5 л/г	низкий
2	Коксуский район, КХ «Галым»	соя, сорт «Жансая»	17,0	67,3	начало цветения	Бенагро, в.р. (бентазон 480 г/л), 2,5 л/г	низкий
3	Коксуский район, КХ «Кайнар коксу»	соя, сорт «Жансая»	7,0	62,0	появление цветочных почек	Корсар, в.р.к. (бентазон 480 л/г), 2,0 л/га	подозрение
4	Ескелдинский район, КХ «Жексембинов»	яровая пшеница, сорт Казахстанская 4	10,0	69,0	начало цветения	Балерина, с.э. (2,4Д + флорасулам), 0,5 л/га	средний

На посевах яровой пшеницы после обработки гербицидом Балерина, с.э. (2,4-Д + флорасулам) выявлен средний уровень резистентности, сопровождавшийся снижением общей эффективности варианта. Вероятно, в данной популяции присутствуют биотипы с пониженной чувствительностью к одному из действующих веществ препарата. Резистентность дурнишника обыкновенного к гербицидам различных химических групп дополнительно оценивали в полевом опыте на посевах яровой пшеницы в производственных условиях, что позволило определить биологическую эффективность препаратов, их влияние на биометрические показатели сорняка и степень подавления устойчивой популяции (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние гербицидов различных химических классов и норм расхода на биометрические показатели и гибель дурнишника обыкновенного на посевах яровой пшеницы (2025 г.)

Вариант	Норма расхода, г/га, л/га	Кол-во растений, шт./м ²	Кол-во плодиков, шт./раст.	Высота растений, см	Гибель растений, %
1	2	3	4	5	6
Контроль	-	19,2	38,8	56,4	-
Гранстар мега, в.д.г. ((тифен-сульфурон-метил, 250 г/кг + трибенурион-метил, 500 г/кг))	9,0	15,8	32,4	60,6	17,7
	18,0	14,6	30,8	58,6	24,0
	27,0	14,2	23,8	57,6	26,0
Балерина, с.э. 2,4Д (2-этил-гексилловый эфир, 410 г/л + флорасулам, 7,4 г/л)	0,3	12,2	19,2	54,4	45,4
	0,4	10,8	18,6	52,1	49,7
	0,5	9,6	17,2	51,0	51,4

1	2	3	4	5	6
Корсар, в.р.к. (бентазон, 480 г/л)	1,0	5,4	11,0	49,2	78,9
	2,0	4,7	10,4	45,0	85,0
	3,0	4,2	10,0	38,5	88,1

Дополнительно проведенные полевые и лабораторные исследования показали, что максимальную эффективность обеспечивал гербицид Корсар, в.р.к. вызывавший до 100% гибели растений в лабораторных условиях и 78,9–88,1% - в полевых. Гербицид Балерина, с.э. характеризовался средней эффективностью (45,4–51,4%). Наименьшая эффективность установлена у препарата Гранстар Мега, в.д.г. (трибенурон-метил + тифенсульфурон-метил), составившая 7,7–17,3% в лабораторных и 17,7–26,0% в полевых условиях.

Столь низкая эффективность препаратов группы сульфонилмочевин может свидетельствовать о формировании устойчивых популяций *Xanthium strumarium* к ALS-ингибиторам. Учитывая длительное применение препаратов данного механизма действия на отдельных полях, подобная тенденция представляется закономерной и требует дальнейшего подтверждения в контролируемых опытах. Для предотвращения и преодоления резистентности сорных растений необходим комплекс взаимосвязанных мероприятий. Прежде всего, при многократном применении гербицидов с одинаковым механизмом действия требуется регулярный фитосанитарный мониторинг засоренности посевов для раннего выявления устойчивых биотипов. Одним из первых признаков формирования резистентности является снижение биологической эффективности применяемых препаратов.

При подтверждении устойчивости следует исключить дальнейшее использование гербицидов данного механизма действия в отношении соответствующей популяции и перейти на препараты других химических классов, а также баковые смеси, содержащие 2–3 действующих вещества с различными механизмами действия. Ротацию гербицидов целесообразно проводить с учетом классификации HRAC, что снижает селективное давление на популяции сорняков.

Важным элементом антирезистентной стратегии является соблюдение севооборота. Чередование культур и применение гербицидов с различными механизмами действия ограничивают выживаемость устойчивых биотипов и уменьшают риск их распространения, тогда как монокультура и длительное использование однотипных препаратов ускоряют развитие резистентности. При наличии устойчивых форм необходимо максимально использовать агротехнические методы контроля: оптимизацию севооборота, механическую обработку почвы, регулирование сроков сева и иные приемы, направленные на снижение засоренности посевов. Таким образом, эффективное сдерживание резистентности невозможно без системной информационно-мониторинговой базы, включающей учет численности, видового состава и динамики сорной растительности в агроценозах с учетом применяемых технологий возделывания и средств защиты растений.

Заключение. Результаты фитосанитарного мониторинга, полевых и лабораторных исследований показали, что дурнишник обыкновенный (*Xanthium strumarium* L.) остается широко распространенным и вредоносным сорным растением в посевах сои, сахарной свеклы и зерновых культур юго-востока Казахстана. Численность сорняка на обследованных полях достигала 15,0 шт./м², что свидетельствует о высокой степени его адаптации к условиям возделывания указанных культур.

Установлено, что наибольшую биологическую эффективность против *Xanthium strumarium* обеспечивал гербицид Корсар, в.р.к. (бентазон), применение которого при

норме расхода 2,0 л/га обеспечивало до 78,9–88,1% гибели растений в полевых условиях и до 100% - в лабораторных опытах.

Гербицид Балерина, с.э. (2,4-Д + флорасулам) характеризовался средней эффективностью, тогда как препарат Гранстар Мега, в.д.г. (трибенурон-метил + тифенсульфурон-метил) показал низкий уровень подавления сорняка (17,7–26,0% в полевых условиях), что может свидетельствовать о формировании устойчивых биотипов дурнишника обыкновенного к ALS-ингибиторам.

Полученные результаты подтверждают о необходимости систематического мониторинга чувствительности сорных растений к гербицидам различных механизмов действия и разработки антирезистентных систем защиты растений.

Финансирование. Работа выполнена в рамках программно-целевого финансирования (ПЦФ) Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан на 2024-2026 годы по бюджетной программе 267 BR22885887" Усовершенствование и внедрение системы управления вредными организмами".

Литературы:

[1] **Сухорученко, Г.И.** Резистентность вредных организмов к пестицидам. //Защита и карантин растений. – М., 2006. – № 3. – С. 78-79.

[2] **Heap, I.** International Survey of Herbicide Resistant Weeds [Электронный ресурс]. – 2025. – Режимдоступа: <https://www.weedscience.org>.

[3] **Riechers, D.E.**, Soltani N., Chauhan B.S., Concepcion J.C.T., Geddes C.M., Jugulam M., Kaundun S.S., Preston C., Werfel R.J., Sikkema P.H. Herbicide resistance is complex: a global review of cross-resistance in weeds within herbicide groups // Weed Science. – 2024. – Vol. 72, № 5. – P. 465–486. – DOI: <https://doi.org/10.1017/wsc.2024.33>

[4]**Arasan, A.P.**, Radhamani S., Sudha M. Development of herbicide-resistant weeds and their impact on future weed management // Discover Applied Sciences. – 2025. – Vol. 7. – P. 1430. – DOI: <https://doi.org/10.1007/s42452-025-07680-0>.

[5] **Hou, S.**, Yang Y., Liu C. [идр.]. Evolution and future directions in the development of herbicide-resistant crops and weed management // Rice. – 2025. – Vol. 18. – P. 114. – DOI: <https://doi.org/10.1186/s12284-025-00869-2>.

[6] **Спиридонов, Ю.Я.** Особенности проявления резистентности сорняков к гербицидам// Вестник защиты растений. – М., 2001. – №1. – С.54-64.

[7] **Спиридонов, Ю.Я.**, Шестаков В.Г. Развитие отечественной гербологии на современном этапе.// М.: Печатный город, 2013. – 426 с.

[8] Мониторинг резистентности к пестицидам в популяциях вредных членистоногих: методические указания. – СПб., 2004. – 29 с.

[9] Определение резистентности вредителей сельскохозяйственных культур и зоофагов к пестицидам: методические указания. – М., 1990. – 79 с.

[10] **Сулейменова, З.Ш.** и др. Методические указания по мониторингу численности вредителей, сорных растений и развитию болезней сельскохозяйственных культур. – Астана: Фолиант, 2004. – 268с.

[11] Список пестицидов, разрешенных к производству (формуляции), ввозу, хранению, транспортировке, реализации и применению на территории Республики Казахстан: утвержден приказом Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан от 26 ноября 2025 г. № 173-н. – Астана, 2025.

[12] **Захаренко, В.А.** Оценка экономической эффективности применения пестицидов (Методические положения). М., 1983. – 9 с.

[13] Методы учета и прогноз засоренности посевов // Фитосанитарная диагностика. Под редакцией А.Ф. Ченкина. – М.: Колос, 1994. – С.294-313.

[14] Стандартные методы проведения фитосанитарного мониторинга по резистентности сорных растений: методические указания / ФАО. – 2016. – 35 с.

[15] **Скокбаев, Б.А.** и др. Методика государственного сортоиспытания

сельскохозяйственных культур. – Алматы, 2002. – 351с.

[16] **Арыстангулов, С.С.**, Бекежанова М.М., Султанова Н.Ж., Есимов У.О., Нурманов Ж.Ф., Нысанбаев С.Н. Кәдімгі ошаған жаздық арамшөбінің гербицидтердің жеке топтарына төзімділігі. //Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университетінің Хабаршысы. Ауыл шаруашылығы ғылымдары, 2025. – №2(73). – 144-154 бб. <https://doi.org/10.52081/bkaku.2025.v73.i2.262>

[17] **Сагитов, А.О.**, Гештовт Ю.Н., Двуречинский В.И., Гринев А.И., Бадаев Е.А. Рекомендации по регулированию численности сорных растений в зерновых агроценозах юго-востока и севера Казахстана. – Алматы, 2006. – 56 с.

References:

[1] **Suhoruchenko, G.I.** Rezistentnost' vrednyh organizmov k pesticidam. //Zashhita i karantin rastenij. – M., 2006. – № 3. – S. 78-79. [in Russian]

[2] **Heap, I.** International Survey of Herbicide Resistant Weeds [Elektronnyj resurs]. – 2025. – Rezhimnostupa: <https://www.weedscience.org>.

[3] **Riechers, D.E.**, Soltani N., Chauhan B.S., Concepcion J.C.T., Geddes C.M., Jugulam M., Kaundun S.S., Preston C., Werfel R.J., Sikkema P.H. Herbicide resistance is complex: a global review of cross-resistance in weeds within herbicide groups // Weed Science. – 2024. – Vol. 72, № 5. – P. 465–486. – DOI: <https://doi.org/10.1017/wsc.2024.33>

[4]**Arasan, A.P.**, Radhamani S., Sudha M. Development of herbicide-resistant weeds and their impact on future weed management // Discover Applied Sciences. – 2025. – Vol. 7. – P. 1430. – DOI: <https://doi.org/10.1007/s42452-025-07680-0>.

[5] **Hou, S.**, Yang Y., Liu C. [idr.]. Evolution and future directions in the development of herbicide-resistant crops and weed management // Rice. – 2025. – Vol. 18. – P. 114. – DOI: <https://doi.org/10.1186/s12284-025-00869-2>.

[6] **Spiridonov, Ju.Ja.** Osobennosti projavlenija rezistentnosti sornjakov k gerbicidam// Vestnik zashhity rastenij. – M., 2001. – №1. – S.54-64. [in Russian]

[7] **Spiridonov, Ju.Ja.**, Shestakov V.G. Razvitie otechestvennoj gerbologii na sovremennom jetape.// M.: Pечатnyj gorod, 2013. – 426 s. [in Russian]

[8] Monitoring rezistentnosti k pesticidam v populjacijah vrednyh chlenistonogih: metodicheskie ukazaniya. – SPb., 2004. – 29 s. [in Russian]

[9] Opredelenie rezistentnosti vreditelej sel'skohozjajstvennyh kul'tur i zoofagov k pesticidam: metodicheskie ukazaniya. – M., 1990. – 79 s. [in Russian]

[10] **Sulejmenova, Z.Sh.** i dr. Metodicheskie ukazaniya po monitoringu chislennosti vreditelej, sornyh rastenij i razvitiju boleznej sel'skohozjajstvennyh kul'tur. – Astana -Foliant, 2004. – 268s.

[11] Spisok pesticidov, razreshennyh k proizvodstvu (formuljarii), vvozu, hraneniju, transportirovke, realizacii i primeneniju na territorii Respubliki Kazahstan: utverzhden prikazom Ministerstva sel'skogo hozjajstva Respubliki Kazahstan ot 26 nojabrja 2025 g. № 173-n. – Astana, 2025. [in Russian]

[12] **Zaharenko, V.A.** Ocenka jekonomicheskoy jeffektivnosti primenenija pesticidov (Metodicheskie polozhenija). M., 1983. – 9 s. [in Russian]

[13] Metody ucheta i prognoz zasorennosti posevov // Fitosanitarnaja diagnostika. Pod redakciej A.F. Chenkina. – M.: Kolos,1994. – S.294-313. [in Russian]

[14] Standartnye metody provedenija fitosanitarnogo monitoringa po rezistentnosti sornyh rastenij: metodicheskie ukazaniya / FAO. – 2016. – 35 s.

[15] **Skokbaev, B.A.** i dr. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozjajstvennyh kul'tur. Almaty, 2002. – 351s. [in Russian]

[16] **Arystangulov, S.S.**, Bekezhanova M.M., Sultanova N.Zh., Esimov U.O., Nurmanov Zh.F., Nysanbaev S.N. Kәдімгі ошаған жаздық арамшөбінің гербицидтердің жеке топтарына төзімділігі. //Qorqyt Ata atyndagy Qyzylorda universitetinin Habarshysy. Ayl sharuashylygy gylymdary, 2025. – №2(73). – 144-154 bb. <https://doi.org/10.52081/bkaku.2025.v73.i2.262> [in

Kazakh]

[17] Sagitov, A.O., Geshtovt Ju.N., Dvurechinskij V.I., Grinec A.I., Badaev E.A. Rekomendacii po regulirovaniu chislennosti sornyh rastenij v zernovyh agrocenozah jugo-vostoka i severa Kazahstana. – Almaty, 2006. – 56 s. [in Russian]

КӘДІМГІ ОШАҒАН (*XANTHIUM STRUMARIUM*) АРАМШӨБІНІҢ ЖЕКЕЛЕГЕН ГЕРБИЦИДТЕР ТОПТАРЫНА ТӨЗІМДІЛІГІН МОНИТОРИНГТЕУ ЖӘНЕ ОНЫ ЕҢСЕРУДІҢ ЫҚТИМАЛДЫ ЖОЛДАРЫ

Арыстангулов С.С., ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, профессор
Бекежанова М.М., ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор

Есимов У.О., ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты

Башкараев Н.А., аға ғылыми қызметкер

Нұрманов Ж. Ғ., ғылыми қызметкер

Нысанбаев С.Н., кіші ғылыми қызметкер

*«Ж.Жиембаев атындағы Қазақ өсімдік қорғау және карантин ғылыми-зерттеу институты»
ЖШС, Алматы қ., Қазақстан*

Андатпа. Арамшөптердің гербицидтерге төзімділігінің қалыптастыру мәселесі бүгінде өзектілігін сақтауда және зерттеушілердің назарын әліде өзіне аударуда. Бірдей әсер ету механизмі бар препараттарды жүйелі түрде қолдану, монодақылдарды өсіру, агроценоздардың фитосанитарлық жағдайын жеткіліксіз бақылау, арамшөптердің төзімді популяцияларының сұрыпталуына әкеліп соғады. Нәтижесінде гербицидтердің тиімділігі төмендеп, пестицидтік жүктеменің артуына байланысты, қоршаған ортаның ластану қаупі күшейеді. Зиянды организмдерде төзімділіктің қалыптасуы, қазіргі заманғы өсімдік шаруашылығының тұрақты дамуын шектейтін негізгі факторлардың бірі ретінде қарастырылады.

Қайталама фитосанитарлық мониторинг нәтижелері, сыналған гербицидтердің *Xanthium strumarium* арамшөбінің дамуын тежеу тиімділігі бойынша бір-бірінен әртүрлі айырмашылықтар көрсеткенін дәлелдеді. Атап айтқанда, Корсар, с.е.к. гербицидін (2,0 л/га) қолдану арамшөптің пестицидке төзімділік қалыптасуының «күдікті» градациясына сәйкесті келді, ал тірі қалған өсімдіктердің үлесі 10–20% құрап, бұл препараттың жоғары биологиялық тиімділігін (80–90%) көрсетті. Бенагро, с.е. (2,5 л/га) гербицидін қолдану барысында арамшөптің «төменгі» деңгейдегі төзімділігі анықталды, бұл жағдайда тиімділік 60–80% аралығында болды. Жаздық бидайдың Қазақстан 4 сорты егілген танапты Балерина, с.э. (0,5 л/га) гербицидімен өңдеу кезінде «орташа» деңгейдегі төзімділік тіркеліп, препарат тиімділігі 40–60%-ға дейін төмендеді. Осылайша, гербицидтердің биологиялық тиімділігі әсер етуші затқа, оның механизміне, арамшөптің даму сатысына және қалыптасқан төзімділік деңгейіне байланысты өзгеріп отырды.

Арамшөптердің төзімді биотиптерінің қалыптасуын болдырмау мақсатында кешенді алдын алу шараларын жүзеге асыру қажет. Ең алдымен, бірдей әсер ету механизмі бар гербицидтерді ұзақ және жүйелі қолданылған жағдайда, егістіктердің фитосанитарлық жағдайына тұрақты мониторинг жүргізіп, төзімді биотиптерді уақтылы анықтау қажет. Төзімділіктің пайда болуының алғашқы белгілерінің біріне – қолданылатын препараттардың биологиялық тиімділігінің төмендеуі жатады.

Xanthium strumarium арамшөбінің төзімді популяцияларының пайда болуы мен таралуын болдырмау үшін ауыспалы егіс жүйесінде әртүрлі химиялық топтарға жататын және әсер ету механизмі әртүрлі гербицидтерді алмастырып қолдану қажет. Әртүрлі әсер ету механизмдері бар препараттарды пайдалану келесі өңдеулер кезінде тірі қалған төзімді биотиптерді жоюға мүмкіндік береді.

Арамшөптердің төзімді биотиптері анықталған жағдайда, агротехникалық күресу шараларын барынша қолдану қажет, соның ішінде ауыспалы егісті оңтайландыру, топырақты өңдеу, себу мерзімдерін реттеу және егістіктердің арамшөппен ластануын төмендетуге

бағытталған басқа да әдістерді қолдану ұсынылады.

Тірек сөздер: Кәдімгі ошаған, гербицидтер, резистенттілік(төзімділік), фитосанитарлық мониторинг, егістік дақылдар.

MONITORING OF RESISTANCE OF COMMON COCKLEBUR (*XANTHIUM STRUMARIUM*) TO SPECIFIC GROUPS OF HERBICIDES AND POSSIBLE WAYS TO OVERCOME IT

Arystangulov S., candidate of agricultural sciences, professor
Bekezhanova M., candidate of agricultural sciences, ass. professor
Yessimov U., candidate of agricultural sciences
Bashkarayev N., senior researcher
Nurmanov Zh., researcher
Nyssanbayev S., junior researcher

*LLC «Kazakh Research Institute of Plant Protection and Quarantine named after Zh. Zhiembayev»,
Almaty, Kazakhstan*

Annotation. The problem of herbicide resistance formation in weed plants remains highly relevant and continues to attract the attention of researchers. The systematic application of herbicides with the same mechanism of action, the cultivation of monocultures, as well as insufficient phytosanitary control of agrocenoses contribute to the selection of resistant weed populations. As a result, the effectiveness of herbicides decreases, and the risk of environmental pollution increases due to the growing pesticide load. The development of resistance in harmful organisms is considered one of the key factors limiting the sustainable development of modern crop production.

The results of repeated phytosanitary monitoring showed that the tested herbicides differed in their effectiveness in suppressing the development of *Xanthium strumarium*. Thus, when applying the herbicide Corsair, SL (2.0 L/ha), signs of possible resistance development were observed: the proportion of surviving plants reached 10–20%, which corresponds to a high biological efficiency of the product (80–90%). When using the herbicide Benagro, SL (2.5 L/ha), a low level of weed resistance was established, with a control efficiency of 60–80%. On irrigated lands of the peasant farm “Zheksembiyev”, when treating soybean crops of the Ainaz variety with the herbicide Ballerina, EC (0.4 L/ha), a moderate level of resistance was recorded, accompanied by a decrease in herbicide efficiency to 40–60%. Thus, the biological effectiveness of herbicides varied depending on the active ingredient, mechanism of action, growth stage of the weed, and the level of resistance developed.

To prevent the formation of resistant weed biotypes, it is necessary to implement a комплекс of preventive measures. First of all, with prolonged and systematic use of herbicides with the same mechanism of action, regular phytosanitary monitoring of weed infestation in crops should be carried out to identify resistant biotypes. One of the early indicators of resistance formation is a decrease in the biological effectiveness of applied herbicides.

To prevent the emergence and spread of resistant populations of *Xanthium strumarium*, it is necessary to alternate herbicides with different chemical groups and mechanisms of action within crop rotation systems. The use of herbicides with different mechanisms of action helps to suppress surviving resistant biotypes during subsequent treatments of agricultural crops.

When resistant forms of weeds are identified, it is essential to maximize the use of agronomic control methods, including optimization of crop rotation, soil tillage, adjustment of sowing dates, and other practices aimed at reducing weed infestation in crops.

Keywords: Durnishnik vulgaris, herbicides, resistance, phytosanitary monitoring, field crops, phytomass.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ЗЛОСТНОГО КАРАНТИННОГО СОРНЯКА - ПОВИЛИКИ ПОЛЕВОЙ (*CUSCUTA* *CAMPESTRIS* YUNCK.)

Болтаева Л.А., старший научный сотрудник
lyazatboltaeva@gmail.com , <https://orcid.org/0000-0003-3959-4574>

Рысбекова А.М., PhD, заведующий отделом
Rysbekova949r@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3399-8511>

Турсунова А.К., заведующая лабораторией
alnura_89.12.12@mail.ru , <https://orcid.org/0000-0002-9447-4738>

Болтаев М.Д., ведущий научный сотрудник
boltaevmar@mail.ru , <https://orcid.org/0009-0003-5752-2125>

Маулен А.Т., старший лаборант
arina.maulen@mail.ru , <https://orcid.org/0009-0001-9956-2809>

Ермекбаев Б.У., заведующий лабораторией
bek.jan72@mail.ru , <https://orcid.org/0009-0007-0755-227X>

ТОО «Казахский научно-исследовательский институт защиты и карантина растений им. Ж.
Жиембаева», г. Алматы, Казахстан

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по изучению фитопатогенных грибов, выделенных из пораженных органов повилики полевой (*Cuscuta campestris* Yunck.), как потенциальных агентов ее биологического контроля. В ходе маршрутных обследований в Туркестанской, Алматинской, Кызылординской и Жетысуской областях были собраны образцы повилики с признаками увядания и усыхания. Из пораженных органов растения выделены грибные изоляты, относящиеся к родам *Fusarium*, *Alternaria* и *Ascochyta*, а также сопутствующая сапрофитная микрофлора. С применением классических фитопатологических методов и многолокусного молекулярно-генетического анализа по локусам ITS, LSU, Actin, β -Tubulin и EF-1 α подтверждена принадлежность наиболее перспективных изолятов к родам *Fusarium* и *Alternaria*. Лабораторный скрининг показал, что отдельные изоляты *Fusarium proliferatum* и *Alternaria alternata* проявляют высокую биологическую активность в отношении семян повилики полевой, вызывая их поражение на уровне 80-100 %. Полученные данные позволяют рассматривать изоляты *Fusarium proliferatum* и *Alternaria alternata* как перспективные объекты для дальнейшего изучения в системе биологического контроля повилики полевой с учетом их специфичности действия и безопасности для растений-хозяев.

Ключевые слова: карантин, повилика полевая, фитопатогенные грибы, биологическая эффективность, молекулярная идентификация.

Введение. В последние годы значительно возрос интерес к биологическим методам борьбы с вредителями, болезнями и сорняками. Эти подходы включают использование естественных врагов, таких как бактерии, грибы и насекомые.

Традиционные методы борьбы с паразитическим растением – повиликой полевой, такие как механическое удаление и химические обработки, часто оказываются недостаточно эффективными и способствуют загрязнению окружающей среды.

Более того, исследованиями установлено, что межвидовой оборот белка придает повилике полевой признак устойчивости к гербицидам, специфичный для растения хозяина [1].

В республике биологические методы борьбы с сорняками не получили должного развития. Сельхозтоваропроизводители по-прежнему отдают предпочтение химическим методам в силу недостатка знаний, исследований и разработок в данной

области.

Проблема загрязнения окружающей среды гербицидами заставляет более осторожно относиться к их использованию. Поэтому ведутся поиски альтернативных способов борьбы с сорными растениями. Одним из таких направлений является биологический метод борьбы с сорняками. В его основе лежит использование повышенной конкурентоспособности культурных растений по сравнению с сорными, а также подавление сорняков различными организмами, для которых поражаемое растение служит источником питания. К ним относятся вирусы, бактерии, грибы, актиномицеты, нематоды, насекомые и др. [2].

Перспективность разработки биологического метода для контроля повилики полевой доказана многочисленными исследованиями ученых ближнего и дальнего зарубежья.

Так, по данным М. Sarić-Krsmanović и S. Vrbničanin, Parker (1991) рассматривал возможность применения фитопатогенных грибов, бактерий и насекомых для биологического контроля нескольких видов рода *Cuscuta*. [3].

По данным ряда авторов, обобщённым в работе [4], некоторые фитопатогенные грибы, включая *Fusarium tricinctum* и *Alternaria* spp., способны поражать *Cuscuta gronovii*, тогда как *A. alternata* и *Geotrichum candidum* проявляют патогенность в отношении *C. pentagona*.

В обзорной работе Zagorchev et al. [5] среди грибных биогербицидов, применяемых против видов рода *Cuscuta*, упоминается препарат Luboa-2 на основе *Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *cuscutae*. Авторы также отмечают необходимость оценки специфичности фитопатогенных грибов по отношению к целевому сорному растению и нецелевым видам растений. [5].

Гриб *Alternaria destruens* применили для борьбы с *C.* на полях клюквы (*Vaccinium macrocarpon*) и моркови (*Daucus carota*), в результате чего популяция повилики снизилась на 90% [6].

В настоящее время нет единого мнения относительно роли фитопатогенных микроорганизмов и гербифагов в регулировании численности популяций повилики. Однако интерес к ним как к природным биологическим агентам, способным снижать жизнеспособность и семенную продуктивность *Cuscuta*, сохраняется [7].

Интенсивное применение химических гербицидов может привести к негативным последствиям, таким как загрязнение почвы и воды, а также накопление остатков в урожае [8]. Статистические данные свидетельствуют о повышении случаев болезни Альцгеймера в районах интенсивного применения пестицидов [9, 10]. Глифосат, широко используемый гербицид, обладает генотоксическими и канцерогенными свойствами [11,12].

Преимущества биологического метода борьбы с повиликой полевой в экономическом и экологическом аспектах неоспоримы. Развитые страны направляют значительные усилия на разработку и внедрение биологических методов и средств защиты растений, которые могли бы предотвратить загрязнение химическими пестицидами природы, тем самым сохраняя здоровье населения и биоразнообразие.

Материалы и методы исследований. Поиск биорегуляторов карантинного сорняка повилики полевой в естественных ареалах произрастания проводился методом полевых маршрутных исследований, для сбора данных использовались методики, принятые в энтомологии, фитопатологии и гербологии [13-15].

Для выявления и первичной идентификации организмов, связанных с повиликой полевой, использовали профильные определители и методические источники. Фитопатогенную микрофлору определяли с использованием определителя болезней растений М.К. Хохрякова и др.; насекомых-фитофагов –по определителю Г.Н.

Горностаева; растения-хозяева и сопутствующую растительность уточняли по определителю растений К.П. Алявдиной и В.П. Виноградовой под редакцией О.Н. Шалыгановой [16-18].

Для идентификации и изучения фитопатогенов проводилось выделение грибов из пораженных органов растения, поврежденные участки тщательно промывались дистиллированной водой, после чего проводилась дезинфекция (например, 70% этанолом и 1% раствором натрия гипохлорита). Для выращивания их в чистых культурах, использовались твердые питательные среды: картофельно-глюкозный агар, синтетический агар Чапека и др. После 7-4 суток инкубации при оптимальной температуре (20-25°C) наблюдался рост мицелия, который использовался для последующей идентификации видов и тестирования биологической активности. [19-21].

Для точной идентификации изолятов были использованы молекулярно-генетические методы. Экстракция ДНК и ПЦР-амплификация. Геномную ДНК выделяли с использованием набора Проба-ГС (ООО «АгроДиагностика», Россия) согласно протоколу производителя. Амплификацию проводили для следующих локусов: ITS rDNA (Internal Transcribed Spacer), LSU rDNA (Large Subunit ribosomal RNA gene), Actin (Act), β -Tubulin (TUB), Elongation Factor 1-alpha (EF-1 α). ПЦР осуществляли в следующем режиме: начальная денатурация – 98 °C (30 с); 30 циклов: денатурация – 98 °C (10 с), отжиг праймеров – 60 °C (30 с) или 57 °C (30 с) в зависимости от маркера, элонгация – 72 °C (60 с); финальная элонгация – 72 °C (10 мин). Продукты амплификации разделяли электрофорезом в 1% агарозном геле с бромистым этидием и визуализировали с помощью системы гель-документации Quantum-ST5 (Vilber Lourmat).

ПЦР-продукты очищали с использованием ExoSAP-IT™ PCR Product Cleanup Reagent (Thermo Fisher Scientific) и секвенировали по методу Сэнгера в обоих направлениях с применением набора BigDye™ Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit на генетическом анализаторе ABI 3500xL (Applied Biosystems). Полученные консенсусные последовательности были сопоставлены с соответствующими регионами из базы данных NCBI с помощью BLASTn. Для обеспечения точности анализа BLASTn ограничивался последовательностями из NCBI.

Биологическую активность выделенных грибных изолятов оценивали в лабораторных условиях посредством заражения семян повилики полевой (*Cuscuta campestris*). В опытах использовали суспензию конидий с концентрацией 1×10^6 спор/мл, приготовленную на стерильной дистиллированной воде. Семена предварительно стерилизовали 1 % раствором гипохлорита натрия в течение 3 мин с последующим трехкратным промыванием стерильной водой. Инокуляцию проводили методом погружения семян в суспензию спор на 30 минут. Каждый вариант включал три повторности по 10 семян, в контроле семена, обрабатывались стерильной водой. После обработки семена размещали в чашках Петри на стерильной фильтровальной бумаге, увлажненной дистиллированной водой. Инкубацию осуществляли в термостате при температуре 25 °C, относительной влажности 80-90 % и фотопериоде 12 ч свет/12 ч темнота. Наблюдение вели ежедневно в течение 15 дней, после оценивали процент пораженных семян [20, 22, 23].

Результаты и обсуждения. Во время обследования южных и юго-восточных регионов Казахстана, охватившего Туркестанскую, Алматинскую, Кызылординскую и Жетысускую области, были изучены участки с различными культурами, пораженными повиликой. По результатам маршрутных обследований, проведенных в течение двух лет во всех обследованных регионах, установлено широкое распространение очагов повилики полевой.

Помимо люцерны посевной (*Medicago sativa*), паразитирование повилики было зафиксировано на кукурузе (*Zea mays*), горце птичьем (*Polygonum aviculare*), вьюнке полевом (*Convolvulus arvensis*), пырее ползучем (*Elymus repens*) и просвирнике прене-

бреженном (*Malva neglecta*). На этих растениях были собраны образцы с признаками увядания и усыхания, что указывает на возможное присутствие патогенов и перспективы для дальнейшего исследования их влияния повилыку полевую (рисунок 1).

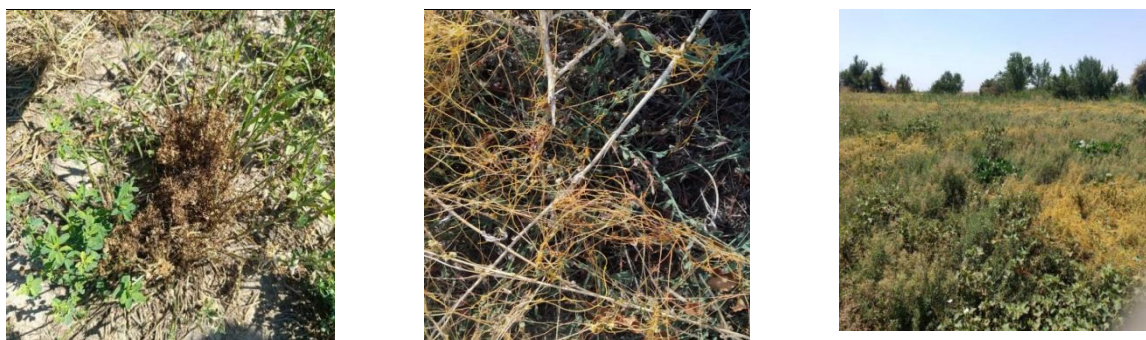


Рисунок 1 – Типичные места сбора образцов повилыки полевой с явными признаками увядания и усыхания

Для последующих исследований было отобрано более 200 образцов пораженных и поврежденных растений повилыки, предназначенных для выявления и идентификации потенциальных биорегуляторов с целью разработки биологического метода контроля данного паразитического растения.

В лабораторных условиях определяли видовой состав грибной микрофлоры, выделенной из семян и стеблей повилыки. Диагностику заболеваний проводили с использованием классических фитопатологических методов. Для выделения возбудителей в чистую культуру применяли пересев изолятов на различные питательные среды. Для культивирования грибной микрофлоры использовали синтетическую среду Чапека, среду Сабуро и картофельно-декстрозный агар (КДА). Морфологические признаки выделенных чистых культур грибов изучали методом микроскопирования мицелия (рисунок 2, 3).

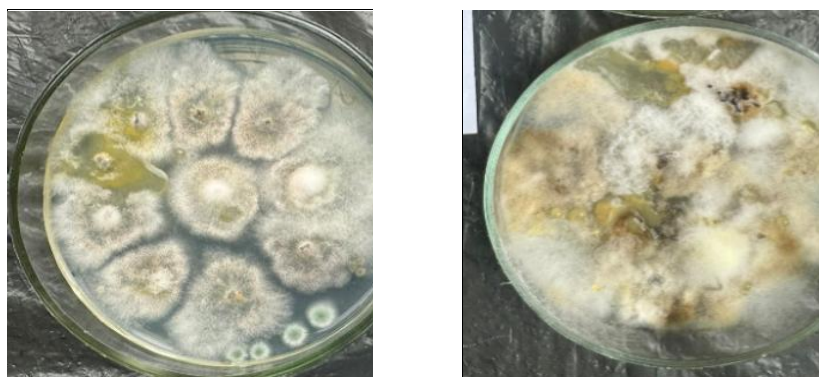
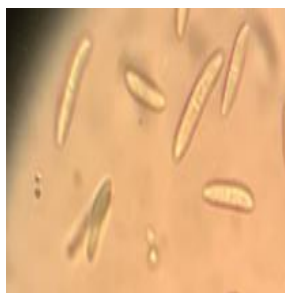


Рисунок 2 – Семена и стебли повилыки полевой, пораженные грибами из родов *Alternaria* sp. и *Fusarium* sp.

Результаты фитопатологических анализов показали, что во всех анализируемых образцах повилыки обнаружена грибная микрофлора. По морфологическим признакам мицелия и спороношению были идентифицированы грибы родов: *Alternaria* spp, *Fusarium* spp., которые обнаруживались во всех исследованных органах повилыки, а также сапрофитные грибы рода *Mucor* spp., *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp. и *Cladosporium* spp. Всего было выделено 41 изолят грибов рода *Fusarium*, 65 изолятов рода *Alternaria* и 3 изолята рода *Ascochyta*.



спорангии со спорами
гриба *Mucor*



макро- и
микроконидии гриба
Fusarium



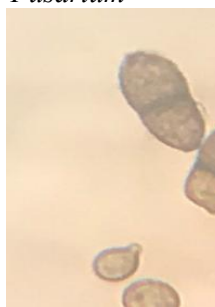
конидии гриба
Alternaria



споры гриба
Aspergillus



споры гриба
Penicillium



бластоконидий
гриба
Cladosporium

Рисунок 3 – Грибная микрофлора, изолированная из образцов повилики полевой

Для выделенных изолятов рода *Fusarium* был проведен лабораторный скрининг биологической эффективности в отношении семян повилики полевой. В подготовленные суспензии погружали семена повилики (концентрация суспензии 10^8), после засеивали во влажные камеры по 10 семян в 3-х кратной повторности. По результатам лабораторного скрининга изоляты № 4, № 7, № 9 и № 10 проявили умеренную биологическую активность, вызывая поражение семян повилики на уровне 35–55 %. Более высокие показатели были отмечены у изолятов № 1, № 6, № 14 и № 16, где поражение семян составило 80-100 %. Наибольшую эффективность показал изолят № 6, предварительно идентифицированный как *Fusarium proliferatum* (рисунок 4,5).

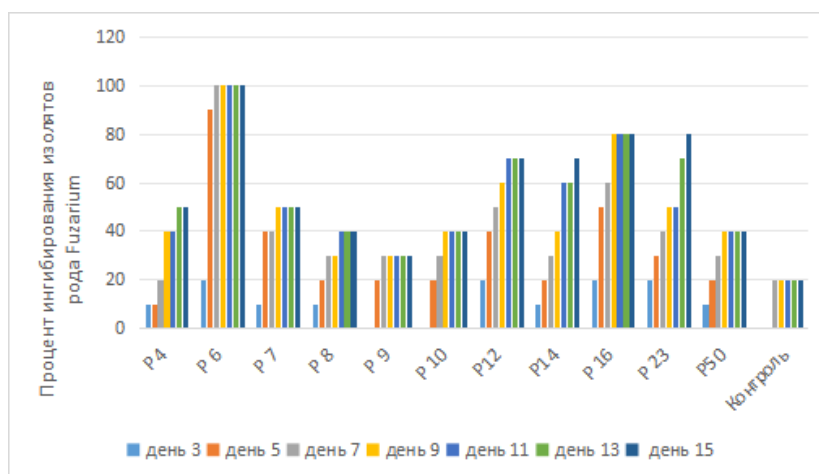


Рисунок 4 – Влияние изолятов рода *Fusarium* sp., на семена повилики полевой



контроль



F. proliferatum

Рисунок 5 – Оценка биологической эффективности гриба рода *Fusarium* sp. в отношении семян повилики полевой

Биологическую эффективность изолятов рода *Alternaria* также оценивали в лабораторных условиях на семенах повилики полевой. Всего было изучено 7 изолятов. По результатам скрининга выраженную биологическую активность проявили изоляты P5 и P19, идентифицированные как *Alternaria alternata*, которые вызывали 100 % поражение семян. Остальные изоляты характеризовались слабым ингибирующим действием (Рисунок 6,7).

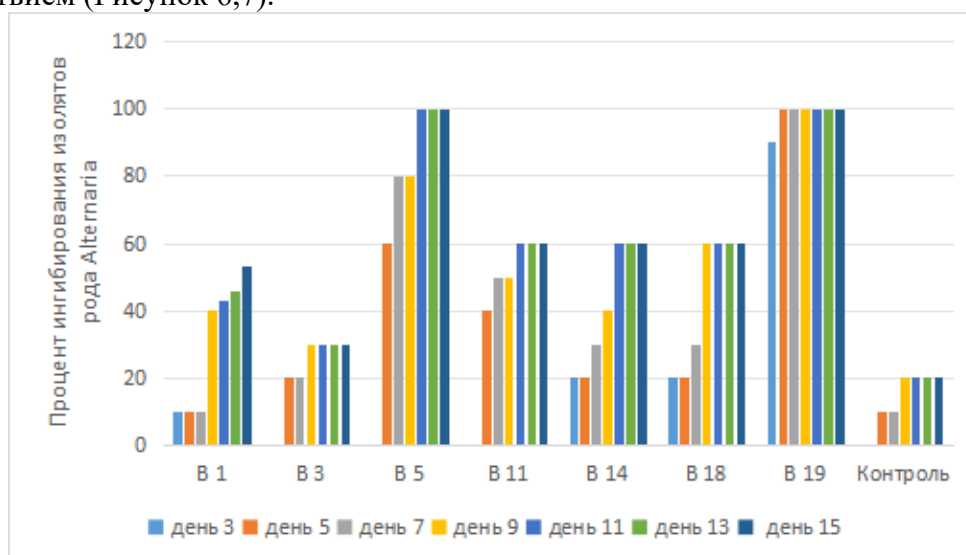


Рисунок 6 – Влияние изолятов рода *Alternaria* sp., на семена повилики полевой



A. alternata



A. alternata



контроль

Рисунок 7 – Оценка биологической эффективности гриба рода *Alternaria* sp. в отношении семян повилики полевой

Для оценки специфичности действия отобранных штаммов были дополнительно проведены тесты на модельных культурных растениях – сое и люцерне. Растения инокулировали изолятом Р6 суспензией конидий с концентрацией 1×10^7 спор/мл и инкубировали в условиях контролируемого микроклимата. Учет проводили на 3-и, 5-е и 7-е сутки после инокуляции. В период наблюдений увядания растений не отмечалось, некротические пятна на листьях не проявлялись. Дополнительно был проведен фитопатологический анализ инокулированных растений на наличие исследуемого патогена. По результатам анализа исследуемый патоген не был выявлен; были обнаружены сапрофитные грибы родов *Mucor* spp. и *Aspergillus* spp. Установлено, что наиболее активные изоляты *Fusarium proliferatum* и *Alternaria alternata* не проявляли выраженного фитопатогенного действия на культурные растения: увядание и некротические пятна на листьях в период наблюдений не отмечались.

Для определения таксономической принадлежности 20 грибных изолятов был проведен молекулярно-генетический анализ. Многолокусный молекулярный анализ, основанный на исследовании регионов ITS, LSU, Actin, β -Tubulin (TUB) и Elongation Factor 1- α (EF-1 α), подтвердил принадлежность исследованных изолятов к представителям родов *Fusarium* и *Alternaria*.

Так изоляты P1, P3, P6, P14, P16 были отнесены к роду *Fusarium*. Для изолята P3 зарегистрированы совпадения как с *Fusarium* sp., так и с *F. avenaceum* и *F. acuminatum* (99–100%), что отражает высокую степень внутригрупповой близости и ограниченную разрешающую способность отдельных локусов. Изоляты P14 и P0 показали полное совпадение с *F. solani* по локусам ITS, TUB и EF-1 α (100%), однако по Actin отмечено 96% сходство с *Neocosmospora* sp., что согласуется с современным пересмотром таксономии комплекса *Fusarium solani* species complex (FSSC). Изолят P15 был однозначно идентифицирован как *F. sporotrichioides* (100% по всем локусам), изолят P6 – как *F. proliferatum* (100%), а изолят P16 продемонстрировал сочетание совпадений с *Fusarium* sp. и *F. solani* (100%), что указывает на внутривидовую изменчивость.

Изоляты P5 и P19 принадлежали роду *Alternaria*. По локусам ITS и Actin наблюдалось полное совпадение с *Alternaria* sp., по LSU – с *A. alternata* (100%), тогда как по β -тубулину выявлено 95% сходство с *A. cucurbitae*. Данное распределение результатов подтверждает высокую внутривидовую и межвидовую близость внутри *Alternaria alternata* complex, что отражает генетическую пластичность представителей рода.

Таким образом, применение многолокусного молекулярно-генетического анализа позволило повысить точность таксономической идентификации грибных изолятов и выявить внутривидовую и межвидовую изменчивость представителей родов *Fusarium* и *Alternaria*. Наиболее достоверная идентификация достигалась при комплексном анализе нескольких генетических локусов, что подтверждает целесообразность использования многолокусного подхода при изучении таксономически близких видов и оценке их фитопатогенных свойств.

Заключение. В результате проведенных исследований установлено широкое распространение повилики полевой (*Cuscuta campestris* Yunck.) в агроценозах южных и юго-восточных регионов Республики Казахстан, что подтверждает ее высокую карантинную значимость и актуальность разработки эффективных методов контроля. В ходе маршрутных обследований, выполненных в течение двух лет, сформирована репрезентативная коллекция (более 200 образцов) пораженных и поврежденных растений повилики, послужившая основой для проведения лабораторных и молекулярно-генетических исследований.

Фитопатологический анализ показал, что все исследованные образцы повилики характеризуются наличием разнообразной грибной микрофлоры. По морфологическим

признакам мицелия и особенностям спороношения идентифицированы представители родов *Alternaria* spp., *Fusarium* spp. и *Ascochyta* spp., обнаруженные в различных органах растения, а также сапрофитные микромицеты родов *Mucor*, *Aspergillus*, *Penicillium* и *Trichothecium*. Полученные данные показывают, что повилика полевая может служить естественным субстратом для развития различных микромицетов, среди которых особый интерес представляют представители родов *Fusarium* и *Alternaria* как потенциальные агенты биологического контроля данного карантинного сорняка.

Применение многолокусного молекулярно-генетического анализа (ITS, LSU, Actin, β -Tubulin, EF-1 α) позволило определить таксономическую принадлежность выделенных изолятов и подтвердить их отнесение к родам *Fusarium* и *Alternaria*. Использование нескольких генетических локусов обеспечило высокую достоверность идентификации и позволило выявить внутривидовую и межвидовую изменчивость, характерную для данных таксономических групп, что подчеркивает необходимость комплексного подхода при изучении фитопатогенных грибов.

Лабораторный скрининг показал, что отдельные изоляты *Fusarium* spp. (в том числе *Fusarium proliferatum*) и *Alternaria alternata* обладают высокой биологической активностью, вызывая значительное поражение семян повилики. При этом в опытах на модельных культурных растениях (соя, люцерна) установлено отсутствие выраженного фитопатогенного действия указанных изолятов, что свидетельствует об их потенциальной специфичности по отношению к объекту воздействия.

Полученные результаты подтверждают возможность использования выделенных фитопатогенных грибов в качестве биологических агентов регулирования численности повилики полевой. Вместе с тем практическое применение данных микроорганизмов требует проведения дополнительных исследований, направленных на оценку их специфичности, стабильности действия и безопасности для культурных растений, а также подтверждения эффективности в полевых условиях.

В целом проведенные исследования формируют научную основу для разработки биологического метода контроля *Cuscuta campestris* с использованием фитопатогенных грибов как альтернативы химическим средствам защиты растений.

Финансирование. Авторы выражают благодарность профильным ученым, принимавшим участие в исследованиях, выполненных в рамках научно-технической программы грантового финансирования научных исследований на 2024-2026 годы Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан по проекту ИРН AP23490588 «Разработка эффективного метода контроля злостного карантинного сорняка повилики полевой (*Cuscuta campestris* Yunk.) на основе биологических средств и беспилотных технологий».

Литературы:

[1] **Кайрова, Г.**, Сулейманова Г., Жолдасбек Г., Дулат Б., Гриценко Д. Эффективность современных гербицидов против карантинных сорняков в условиях Юго-Востока Казахстана // Izdenister Natigeler, 2025. – Т. 107. – № 3. – С. 363–373.

[2] **Jiang, L.**, Qu F., Li Z., Doohan D. Inter-species protein trafficking endows dodder (*Cuscuta pentagona*) with a host-specific herbicide-tolerant trait // New Phytologist, 2013. – Т. 198. – № 4. – С. 1017–1022.

[3] **Sarić-Krsmanović M.**, Vrbničanin S. Field dodder – how to control it? // Pesticidi i fitomedicina, 2015. – Vol. 30, No. 3. – P. 137–145. <https://doi.org/10.2298/PIF1503137S>

[4] **Сухолозова, Е.**, Сухолозов Е., Сафонов А. Повилики естественных и антропогенно измененных сообществ Пензенской области и возможные агенты их биологического контроля // Фитосанитария и карантин растений, 2020. – Т. 3. – № 3. – С. 52–64.

[5] **Zagorchev, L.**, Zagorcheva T., Teofanova D., Odjakova M. Biological control of parasitic

plants // *Plants*, 2025. – Т. 14. – № 15. – Ст. 2321.

[6] **Bewick T.A.**, Porter J.C., Ostrowski R.C. Field trial results with Smolder: a bioherbicide for dodder control // *Proceedings of Northeastern Weed Science Society*, 2000. – P. 66.

[7] **Charudattan, R.** Biological control of weeds by means of plant pathogens: significance for integrated weed management in modern agro-ecology // *Biological Control*, 2001. – Т. 46. – № 2. – С. 229–260.

[8] **Aktar, W.**, Sengupta D., Chowdhury A. Impact of pesticide use in agriculture: their benefits and hazards // *Interdisciplinary Toxicology*, 2009. – Т. 2. – № 1. – С. 1–12.

[9] **Yan, D.**, Zhang Y., Liu L., Yan H. Pesticide exposure and risk of Alzheimer's disease: a systematic review and meta-analysis // *Scientific Reports*, 2016. – Т. 6. – Ст. 32222.

[10] **Bakry, F.A.**, Ismail S.M., Abd El-Atti M.S. Glyphosate herbicide induces genotoxic effect and physiological disturbances in *Bulinus truncatus* snails // *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 2015. – Т. 123. – С. 24–30.

[11] **Cressey, D.** Widely used herbicide linked to cancer // *Nature*. – 2015.

[12] **Монастырский, О.А.** Состояние и перспективы развития биологической защиты растений в России // *Защита и карантин растений*, 2008. – № 12.

[13] **Семенкова, И.Г.** Фитопатология: учебник для вузов. – М.: Академия, 2003. – 480 с.

[14] **Фисюнов, А.В.** Сорные растения. – М., 1984. – 320 с.

[15] **Бей-Биенко, Г.Я.** Общая энтомология: учебник для студентов университетов и сельскохозяйственных вузов. – 3-е изд., доп. – М.: Высшая школа, 1980. – 416 с.

[16] **Хохряков М.К.**, Доброзракова Т.Л., Степанов К.М., Летова М.Ф. Определитель болезней растений. – 3-е изд., испр. – СПб.: Лань, 2003. – 592 с.

[17] **Горностаев Г.Н.** Насекомые: энциклопедия природы России. – М.: ABF, 1998. – 560 с.

[18] **Алявдина К.П., Виноградова В.П.** Определитель растений / под ред. О.Н. Шалыгановой. – Ярославль: Верхне-Волжское книжное издательство, 1972. – 399 с.

[19] **Пидопличко Н.М.** Грибы-паразиты культурных растений. – Киев: Наукова думка, 1977. – 300 с.

[20] **Лесли Дж.Ф.**, Саммерэлл Б.А. Лабораторное руководство по борьбе с фузариозом. – Ames: Blackwell Publishing, 2006. – 388 с.

[21] **Литвинов М.А.** Определитель микроскопических почвенных грибов. – Л.: Наука, 1967.

[22] **Агриос Г.Н.** Патология растений. – 5-е изд. – Берлингтон: Elsevier Academic Press, 2005. – 922 с.

[23] **Кук Р.Дж.**, Бейкер К.Ф. Природа и практика биологического контроля патогенов растений. – Сент-Пол: APS Press, 1983. – 539 с.

References:

[1] **Kajrova, G.**, Sulejmanova G., Zholdasbek G., Dulat B., Gricenko D. Jeffectivnost' sovremennyh gerbicidov protiv karantinnyh sornjakov v uslovijah Jugo-Vostoka Kazahstana // *Izdenister Natigeler*, 2025. – Т. 107. – № 3. – С. 363–373. [in Russian]

[2] **Jiang, L.**, Qu F., Li Z., Doohan D. Inter-species protein trafficking endows dodder (*Cuscuta pentagona*) with a host-specific herbicide-tolerant trait // *New Phytologist*, 2013. – Т. 198. – № 4. – С. 1017–1022.

[3] **Sarić-Krsmanović, M.**, Vrbničanin S. Field dodder – how to control it? // *Pesticidi i fitomedicina*, 2015. – Vol. 30, No. 3. – P. 137–145. <https://doi.org/10.2298/PIF1503137S>

[4] **Suholozova, E.**, Suholozov E., Safonov A. Poviliki estestvennyh i antropogenno izmenennyh soobshhestv Penzenskoj oblasti i vozmozhnye agenty ih biologicheskogo kontrolja // *Fitosanitarija i karantin rastenij*, 2020. – Т. 3. – № 3. – С. 52–64. [in Russian]

[5] **Zagorchev, L.**, Zagorcheva T., Teofanova D., Odjakova M. Biological control of parasitic plants // *Plants*, 2025. – Т. 14. – № 15. – St. 2321.

[6] **Bewick T.A.**, Porter J.C., Ostrowski R.C. Field trial results with Smolder: a bioherbicide for dodder control // *Proceedings of Northeastern Weed Science Society*, 2000. – P. 66.

- [7] **Charudattan, R.** Biological control of weeds by means of plant pathogens: significance for integrated weed management in modern agro-ecology // *Biological Control*, 2001. – Т. 46. – № 2. – С. 229–260.
- [8] **Aktar, W.,** Sengupta D., Chowdhury A. Impact of pesticide use in agriculture: their benefits and hazards // *Interdisciplinary Toxicology*, 2009. – Т. 2. – № 1. – С. 1–12.
- [9] **Yan, D.,** Zhang Y., Liu L., Yan H. Pesticide exposure and risk of Alzheimer's disease: a systematic review and meta-analysis // *Scientific Reports*, 2016. – Т. 6. – Ст. 32222.
- [10] **Bakry, F.A.,** Ismail S.M., Abd El-Atti M.S. Glyphosate herbicide induces genotoxic effect and physiological disturbances in *Bulinus truncatus* snails // *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 2015. – Т. 123. – С. 24–30.
- [11] **Cressey, D.** Widely used herbicide linked to cancer // *Nature*. – 2015.
- [12] **Monastyrskij, O.A.** Sostojanie i perspektivy razvitiya biologicheskoy zashhity rastenij v Rossii // *Zashhita i karantin rastenij*, 2008. – № 12. [in Russian]
- [13] **Semenkova, I.G.** Fitopatologiya: uchebnik dlja vuzov. – М.: Akademiya, 2003. – 480 s.
- [14] **Fisjunov, A.V.** Sornye rastenija. – М., 1984. – 320 s. [in Russian]
- [15] **Bej-Bienko, G.Ja.** Obshhaja jentomologija: uchebnik dlja studentov universitetov i sel'skoxozjajstvennyh vuzov. –3-e izd., dop. – М.: Vysshaja shkola, 1980. – 416 s. [in Russian]
- [16] **Hohrjakov M.K.,** Dobrozrakova T.L., Stepanov K.M., Letova M.F. Opredelitel' boleznej rastenij. –3-e izd., ispr. – SPb.: Lan', 2003. –592 s. [in Russian]
- [17] **Gornostaev G.N.** Nasekomye: jenciklopedija prirody Rossii. – М.: ABF, 1998. – 560 s. [in Russian]
- [18] **Aljavidina K.P.,** Vinogradova V.P. Opredelitel' rastenij / pod red. O.N. Shalyganovoj. – Jaroslavl': Verhne-Volzhscoe knizhnoe izdatel'stvo, 1972. – 399 s. [in Russian]
- [19] **Pidoplichko N.M.** Griby-parazity kul'turnyh rastenij. – Kiev: Naukova dumka, 1977. – 300 s. [in Russian]
- [20] **Lesli Dzh.F.,** Sammerjell B.A. Laboratornoe rukovodstvo po bor'be s fuzariozom. – Ames: Blackwell Publishing, 2006. – 388 s. [in Russian]
- [21] **Litvinov M.A.** Opredelitel' mikroskopicheskikh pochvennyh gribov. – L.: Nauka, 1967. [in Russian]
- [22] **Agrios G.N.** Patologija rastenij. – 5-e izd. – Berlington: Elsevier Academic Press, 2005. – 922 s. [in Russian]
- [23] **Kuk R.Dzh.,** Bejker K.F. Priroda i praktika biologicheskogo kontrolja patogenov rastenij. – Sent-Pol: APS Press, 1983. – 539 s. [in Russian]

ЗИЯНДЫ КАРАНТИНДІК АРАМШӨП – ЕГІСТІК АРАМСОЯУДЫ (*CUSCUTA CAMPESTRIS* YUNCK.) БИОЛОГИЯЛЫҚ БАҚЫЛАУДЫҢ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ

Болтаева Л.А., аға ғылыми қызметкер
Рысбекова А.М., бөлім меңгерушісі
Турсунова А.К., зертхана меңгерушісі
Болтаев М.Д., жетекші ғылыми қызметкер
Маулен А.Т., аға лаборант
Ермекбаев Б.У., зертхана меңгерушісі

«Ж. Жиембаев атындағы Қазақ өсімдік қорғау және карантин ғылыми-зерттеу институты»
 ЖШС, Алматы қ., Қазақстан

Аңдатпа. Егістік арамсоюу (*Cuscuta campestris* Yunck.) Қазақстан Республикасының оңтүстік және оңтүстік-шығыс аймақтарының агроценоздарында кең таралған, ауыл шаруашылығы өндірісіне айтарлықтай зиян келтіретін қауіпті карантиндік паразиттік арамшөп болып табылады. Күрестің химиялық әдістерінің жеткіліксіз тиімділігі мен экологиялық қауіпсіз еместігіне байланысты осы түрді бақылаудың биологиялық тәсілдерін әзірлеу өзекті болып табылады.

Зерттеудің мақсаты – осы арамшөппен ассоциацияланған фитопатогенді саңырауқұлақтарды зерттеу негізінде далалық арамсоюуды биологиялық бақылау мүмкіндіктерін бағалау.

Зерттеулер Түркістан, Алматы, Қызылорда және Жетісу облыстарында жүргізілді. Саңырауқұлақ микрофлорасының түрлік құрамы классикалық фитопатологиялық әдістерді және көпмолекулы молекулалық-генетикалық талдауды (ITS, LSU, Actin, β -Tubulin, EF-1 α) қолдану арқылы анықталды.

Нәтижесінде арамсою өсімдігінің мүшелерінен *Fusarium* және *Alternaria* туыстарына жататын саңырауқұлақтар, сондай-ақ ілеспе сапрофиттік микрофлора бөлініп алынды. Зертханалық скрининг *Fusarium proliferatum* және *Alternaria alternata* жекелеген изоляттарының жоғары биологиялық белсенділігін көрсетті, олар арамсою тұқымдарының 100 %-ға дейін зақымдануын тудырды.

Тірек сөздер: карантин, арамшөп, далалық арамсою, *Cuscuta campestris*, биологиялық бақылау, таралуы, фитопатогенді саңырауқұлақтар.

PROSPECTS FOR THE BIOLOGICAL CONTROL OF THE NOXIOUS QUARANTINE WEED FIELD DODDER (*CUSCUTA CAMPESTRIS* YUNCK.)

Boltayeva L.A., Senior Researcher
Rysbekova A.M., Head of Department
Tursunova A.K., Head of Laboratory
Boltayev M.D., Leading Researcher
Maulen A.T., Senior Laboratory Assistant
Yermekbayev B.U., Head of Laboratory

*LLP «Kazakh Research Institute of Plant Protection and Quarantine named after Zh. Zhiembaev»,
Almaty, Kazakhstan*

Annotation. Field dodder (*Cuscuta campestris* Yunck.) is a dangerous quarantine parasitic weed widely distributed in the agrocenoses of the southern and southeastern regions of the Republic of Kazakhstan, causing significant damage to agricultural production. Due to the insufficient effectiveness and environmental unsafety of chemical control methods, the development of biological approaches for controlling this species is highly relevant.

The aim of the study was to assess the prospects for the biological control of field dodder based on the investigation of phytopathogenic fungi associated with this weed species.

The studies were conducted in the Turkestan, Almaty, Kyzylorda, and Zhetysu regions of Kazakhstan. The species composition of fungal microflora was determined using classical phytopathological methods and multilocus molecular genetic analysis (ITS, LSU, Actin, β -Tubulin, EF-1 α).

As a result, fungi of the genera *Fusarium* and *Alternaria*, as well as accompanying saprophytic microflora, were isolated from the organs of dodder plants. Laboratory screening revealed high biological activity of certain isolates of *Fusarium proliferatum* and *Alternaria alternata*, which caused infection of dodder seeds at a level of up to 100%.

Keywords: quarantine weed, field dodder, *Cuscuta campestris*, biological control, distribution, phytopathogenic fungi.

ҚЫЗАНАҚТЫҢ НЕГІЗГІ ЗИЯНКЕСТЕРІНЕ ҚАРСЫ БИОЛОГИЯЛЫҚ ҚОРҒАУДА ТИІМДІ ЭНТОМОФАГТАРДЫ ӨСІРУДІҢ ЗАМАНАУИ ТӘСІЛДЕРІ

Успанов А.М., биология ғылымдарының кандидаты
alibekuspanov2@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7122-8596>
Мухамадиев Н.С., биология ғылымдарының кандидаты, профессор
nmukhamadiyev@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3199-2447>
Чадинова А.М.,
aizhan_chadinova@mail.ru,
Меңдібаева Г.Ж.*, PhD, қауымдастырылған профессор,
1987gulnaz@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0929-061X>
Курмангалиева Н.Д., ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты
n.kurmangalieva77@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4574-6415>
Рысбекова А.М., PhD,
<https://orcid.org/0000-0002-3399-8511>, rysbekova949r@gmail.com

«Ж. Жиёмбаев атындағы Қазақ өсімдік қорғау және карантин ФЗИ» ЖШС, Алматы қ.,
Қазақстан

Андатпа. Мақалада қызанақты қабыршаққанатты зиянкестерден биологиялық қорғауға арналған трихограмма (*Trichogramma spp.*) және габробракон (*Habrobracon hebetor*) энтомофагтарын жаппай өсіру, капсулалау және егістік жағдайында қолдану технологияларын жетілдіруге бағытталған кешенді зерттеулердің нәтижелері ұсынылған. Зертханалық өсіру барысында температуралық және ылғалдылық режимдер оңтайландырылып, даму динамикасы мен биологиялық көрсеткіштерге әсері бағаланды. Оңтайландыру нәтижесінде трихограмманың даму ұзақтығы 9,2 тәуліктен 7,5 тәулікке, ал габробраконның даму кезеңі 10,2 тәуліктен 8,3 тәулікке дейін қысқарып, ересектерінің тіршілікке қабілеттілігі, өсімталдығы және жалпы өміршеңдігі айтарлықтай артты.

Зерттеу барысында микроклиматты автоматтандырылған бақылау жүйесі әзірленіп, температура, ауаның салыстырмалы ылғалдылығы және атмосфералық қысым параметрлерін үздіксіз реттеу мүмкіндігі қамтамасыз етілді. Сонымен қатар энтомофагтарды механикаландырылған түрде енгізуге арналған биобидрайтын PLA-пластиктен дайындалған 3D-баспа капсулалары жасалып, олардың конструкциялық және биологиялық тиімділігі зертханалық және далалық жағдайда бағаланды.

Түркістан облысында жүргізілген далалық тәжірибелер трихограмма мен габробраконды капсула түрінде бірлесіп қолданудың мақта көбелегіне (*Helicoverpa armigera*) қарсы жоғары биологиялық тиімділік беретінін көрсетті: енгізу тығыздығына қарай тиімділік 65,3–79,0% аралығында болды. Алынған нәтижелер әзірленген технологиялардың қызанақты негізгі қабыршаққанатты зиянкестерден қорғауда экологиялық қауіпсіз, ғылыми негізделген және жоғары практикалық маңызға ие екенін дәлелдейді.

Тірек сөздер: қызанақ, биологиялық қорғау, *Trichogramma spp.*, *Habrobracon hebetor*, энтомофагтар, *Helicoverpa armigera*, *Sitotroga cerealella*, капсула.

Кіріспе. Ауыл шаруашылығында биологиялық қорғаудың дамуы қазіргі егіншіліктің басым бағыттарының біріне айналып, химиялық пестицидтерді қолдану көлемін қысқартуға және қоршаған ортаға түсетін антропогендік жүктемені азайтуға ықпал етеді. Трихограмма мен бракон энтомофагтары қабыршақ қанаттылар зиянкестерінің популяциясын реттеуде кеңінен қолданылады. Аталған энтомофагтарды жаппай өсіру мен капсулалаудың инновациялық технологияларын енгізу өсімдіктерді биологиялық қорғау тиімділігін арттырудың жаңа перспективаларын ашады [1].

Технологияларды жетілдіру инкубация жағдайларын оңтайландырумен, жасанды иелерді таңдаумен және популяциялар сапасын бақылаумен байланысты. Бразилияда трихограмманы өнеркәсіптік деңгейде өндіру жүйелері әзірленіп, айтарлықтай жетістіктерге қол жеткізілді [2]. *Ephestia kuehniella* жұмыртқалары сияқты жасанды иелерді пайдалану жаппай өсірудің тиімділігін арттырады [3].

Паразитоидтарды капсулалау ересектердің шығу уақытын бақылауға және оларды шығару кезінде тіршілікке қабілеттілігін арттыруға мүмкіндік береді. Бұл мақсатта альгинаттар, хитозан және крахмал негізіндегі полимерлер қолданылады [4]. Сонымен қатар нанокұрылымдалған материалдар технологияны басқа микроорганизмдерге де қолдану аясын кеңейтеді [5].

Болашағы зор бағыттардың бірі – энтомопатогенді саңырауқұлақтар мен бактериялармен үйлесімді биологиялық ыдырайтын полимерлі капсулаларды әзірлеу [6,7]. Бұл тәсілдер бірнеше биологиялық агенттерді біртұтас биобақылау жүйесіне біріктіруге мүмкіндік береді. Бір иеде ұзақ уақыт бойы қайта-қайта өсіру паразитоидтардың тіршілікке қабілеттілігін төмендетуі мүмкін. Мысалы, *E. kuehniella*-ны ұзақ қолдану трихограмманың көрсеткіштеріне кері әсер етеді [8]. Сонымен қатар балама иелерде суықта сақтау популяциялар сапасының тұрақтылығын сақтауға мүмкіндік береді [9].

Капсулаланған формалар жүгері сабағы көбелегіне (*Ostrinia nubilalis*) және мақта көбелегіне (*Helicoverpa armigera*) қарсы жоғары тиімділік көрсетті. Азия елдеріндегі далалық сынақтар трихограмманың күріш пен жүгеріні қорғаудағы жоғары нәтижелілігін дәлелдеді [10,11]. Тут жібек құртының жұмыртқалары сияқты балама иелерді қолдану трихограмманы өсірудің тиімділігін едәуір арттырады [12]. Бұл ретте *Trichogramma ostrinae* жаңа иеде көп ұрпақты өсіру кезінде жоғары репродуктивтік қабілет көрсетеді [13].

Қызанақ (*Solanum lycopersicum* L.) әлемдік ауыл шаруашылығында жетекші көкөніс дақылдарының бірі болып табылады және ашық және қорғалған топырақта (жылыжайларда) кең көлемде өсіріледі. Қызанақтың жоғары биологиялық және экономикалық құндылығы оны зиянкестердің кең ауқымына осал етеді, олардың ішінде мақта көбелегі, оңтүстікамерикалық қызанақ күйесі, сондай-ақ вегетативтік мүшелер мен жемістерді зақымдайтын басқа да түрлер ерекше қауіпті болып саналады. Химиялық инсектицидтерді ұзақ әрі кеңінен қолдану зиянкестерде төзімділіктің қалыптасуына, өнімнің ластануына және агроценоздардың экологиялық тепе-теңдігінің бұзылуына әкеліп, бұл өз кезегінде пайдалы энтомофагтар санының азаюына және зиянды организмдерді табиғи жолмен реттеу тиімділігінің төмендеуіне себеп болады [14,15].

Орнықты егіншілік жүйелеріне көшу жағдайында өсімдіктерді биологиялық қорғау әдістері ерекше маңызға ие болуда. Бұл әдістер жұмыртқа жегіш *Trichogramma* туысының өкілдері мен *Habrobracon* туысына жататын паразитоид наездниктерді пайдалануға негізделген. Аталған биологиялық агенттер жоғары экологиялық селективтілігімен, зиянкестердің дамуының ерте сатыларында олардың санын тиімді төмендету қабілетімен сипатталады және өсімдіктерді интеграцияланған қорғау бағдарламаларына (IPM) енгізіле алады. Алайда бұл биоагенттерді қызанақ агроценоздарында, соның ішінде ашық және қорғалған топырақ (жылыжай) жағдайларында, кең ауқымда әрі тұрақты қолдану бірқатар факторлармен шектеледі. Олардың қатарына жаппай өсіру технологияларының жеткіліксіз жетілдірілуі, сақтау мен тасымалдаудың күрделілігі, сондай-ақ далалық және жылыжайлық жағдайда енгізу жүйелерінің тиімділігінің төмендігі жатады.

Біздің тәжірибеміз энтомофагтарды өсіру және капсулалау саласындағы қазіргі заманғы зерттеулер паразитоидтардың тіршілікке қабілеттілігі мен белсенділігін арттыруға, сақтау мен қолдануға қолайлы формаларды жасауға, сондай-ақ ашық және

қорғалған топырақтағы (жылыжайлардағы) зиянкестердің даму сатыларымен дарақтардың шығуын синхрондауды қамтамасыз ететін технологияларды әзірлеуге бағытталған. Қызанақ агроценоздарының ерекшеліктерін ескере отырып, трихограмма мен габробраконды өсіру және инкапсуляциялау әдістерін жетілдіру биологиялық қорғаудың тиімділігін арттырудағы маңызды бағыт болып табылады.

Зерттеу материалдары мен әдістері. Зерттеу жұмыстары «Ж. Жиёмбаев атындағы ҚазӨҚЖК ҒЗИ» ЖШС-нің зертханалық базасында, Оңтүстік Қазақстан филиалында, сондай-ақ Түркістан облысы Жетісай ауданының бірқатар шаруа қожалықтарының өндірістік алаңдарында жүзеге асырылды.

Трихограмма мен габробраконды жаппай өндіру желісінің тиімділігін арттыру мақсатында заманауи өлшеу датчиктері мен басқару контроллерлерін қолдана отырып эксперименттік сынақтар жүргізілді. Зерттеу барысында микроэлектромеханикалық жүйелер, бағдарламаланатын логикалық контроллерлер және бақылау-өлшеу аспаптары пайдаланылды.

Микроэлектромеханикалық жүйелер негізіндегі датчиктер температура, ылғалдылық және қысым параметрлерін үздіксіз тіркеуге мүмкіндік беріп, энтомофагтарды өсіру үдерісіндегі қоршаған орта жағдайларын тұрақты бақылауды қамтамасыз етті. Өндірістік процестерді автоматтандыру және микроклимат көрсеткіштерін дәл реттеу бағдарламаланатын логикалық контроллерлер көмегімен жүзеге асырылды. Датчиктер мен реттегіштерді бақылау-өлшеу аспаптарымен жүйесіне біріктіру өндірістің барлық кезеңдерінде параметрлердің сенімді мониторингін қамтамасыз етті.

Қызанақ егістіктеріндегі зиянды организмдердің жер үсті мониторингі энтомология мен фитопатологияда жалпы қабылданған әдістемелерге сәйкес жүргізілді [16]. Зиянкестердің ұшу белсенділігі мен санын анықтау үшін әр гектарға бір феромондық тұзақ орнатылды. Мониторинг барысында егістік аумағында шахматтық тәртіппен орналасқан 20 бақылау нүктесінде - әр нүктеде 5 өсімдіктен барлығы 100 модельдік өсімдік қаралып, фитофагтардың жұмыртқалары мен жұлдызқұрттарының саны есепке алынды.

Мақта көбелегінің жұмыртқаларына қарсы трихограмма екі технологиялық нұсқада енгізілді. Бірінші нұсқада гектарына 50 капсула орналастырылып, әр капсулада 2400 және 1600 дарақтан орналастыру арқылы жалпы енгізу мөлшері гектарына тиісінше 120 000 және 80 000 дарақты құрады; капсулалар қатар бойымен 20 см және қатар аралығында 10 см қашықтықта орналастырылды. Екінші нұсқада гектарына 100 капсула қолданылып, бір капсулада 1200 және 800 дарақтан орналастырылды, нәтижесінде енгізу мөлшері гектарына 120 000 және 80 000 дарақ деңгейінде қамтамасыз етіліп, капсулалар арақашықтығы 10×10 см болды. Трихограмма алғашқы жұмыртқа салу кезеңінің басталуында енгізілді.

Қызанақтағы көбелек жұлдызқұрттарына қарсы габробракон паразитоиды қолданылды. Оны енгізу гектарына 10 және 15 капсула мөлшерінде жүргізілді. Әр капсулада 70 дарақтан орналастырылып, жалпы шығын мөлшері сәйкесінше гектарына 700 және 1050 дарақты құрады. Капсулалар қатар бойымен 20 см және қатар аралығында 50 см немесе 25 см арақашықтықта орналастырылды. Габробракон көбелектің III жастағы жұлдызқұрттарының пайда болу кезеңінде енгізілді.

Энтомофагтарды қолданудың нәтижелілігі биологиялық тиімділік көрсеткіші арқылы бағаланды және ол келесі формула бойынша есептелді [17]:

$$БЭ = (П / М) \times 100 \%, \quad (1)$$

мұндағы, П – энтомофагтарды енгізгеннен кейін паразиттелген жұмыртқалар мен жұлдызқұрттардың саны; М – энтомофагтарды енгізгенге дейін тіркелген тірі жұмыртқалар мен

жұлдызқұрттардың саны.

Зерттеу нәтижелері мен талдау. Зерттеудің мақсаты – қызанақты негізгі зиянкестерден қорғауда трихограмма мен габробраконды жаппай өсіру және капсулалау әдістерін талдау және оңтайландыру, сондай-ақ биоагенттердің өмірлік циклін басқаруға арналған автоматтандырылған микроклимат жүйесін әзірлеу.

Трихограмманы өсіру әдістерін жетілдіру үшін механизацияланған желідегі температура режимі мен ауаның ылғалдылығының дамуына әсерін бағаладық. Белгілі болғандай, температура режимі (оптималды -24-28 °C, 32 °C-тан жоғары және 15-18 °C-тан төмен болмауы керек) және салыстырмалы ауа ылғалдылығы (оптималды-60-80%) трихограмма паразитінің биологиялық көрсеткіштері мен тиімділігін анықтайтын негізгі факторлар болып табылады. Осы шарттардан ауытқу дамудың ұзақтығын арттырады, тіршілікке қабілеттілікті, белсенділікті және өнімділікті төмендетеді. Оңтүстік Қазақстан филиалының базасында трихограмма мен габробраконды өсіру параметрлерін модификациялау жүргізілді. Трихограмманы өсіруде зиянкес ретінде пайдаланылатын астық көбелегі жұмыртқалары (*Sitotroga cerealella*) дәстүрлі әдіспен 23 °C температурада және 75 % салыстырмалы ылғалдылықта дамиды. Дернәсілдің шығуын жеделдету мақсатында ұсынылған режим бойынша залалдандырылған астық көбелегі жұмыртқалары алғашқы екі тәулік бойы 22 °C температурада ұсталды, содан кейін салыстырмалы ылғалдылығы 75% болған жағдайда температура 25 °C-қа дейін жоғарылатылды. Габробраконмен жүргізілген тәжірибеде де стандартты 23 °C жағдайымен салыстырғанда температура 2 °C-қа көтерілді. Температуралық режим көрсеткіштерінің аталған өзгерістері дамудың анағұрлым жылдам жүруіне ықпал етті (1,2 - кестелер).

1-кесте – Зертханалық трихограмма дамуына температура режимінің әсері, 2025 ж.

Зерттеу нұсқасы	Термостат температурасы, °C	Ауаның салыстырмалы ылғалдылығы, %	Трихограмма шығу уақыты, тәулік	Сақтау алдындағы шығу пайызы, %	3 °C температурада сақтау мерзімі, тәулік	20 күннен кейін шығу пайызы, %
Бақылау (классикалық әдіс)	23	75	9,2±0,25	92,3	20,0	75,4
Тәжірибе (жетілдірілген әдіс)	22 ⁰ , 48 сағаттан кейін 25 ⁰ C	75	7,5±0,28	95,1	20,0	80,2

Кестеде келтірілгендей, трихограмма стандартты даму жағдайында толық циклдің ұзақтығы 9,2 тәулік болса, модификацияланған жағдайда бұл көрсеткіш 7,5 тәулікке қысқарды. Осылайша, нәтижелер көрсеткендей, трихограмма дамуының шарттарын модификациялау (салыстырмалы ылғалдылық 75% деңгейінде температураны кезең-кезеңімен 25 °C-қа көтеру) энтомофагтың толық өмірлік циклін стандартты жағдайға қарағанда 2 тәулікке қысқартуға мүмкіндік береді, бұл режимнің дернәсіл шығуын жеделдетудегі тиімділігін растайды. Классикалық әдісте трихограмма шығу пайызы астық күйесінің залалданған жұмыртқаларынан 92,3% болған, 30 °C температурада 20 күн сақтау кейінгі шығу пайызы 75,4% құрады. Ал жетілдірілген әдісте бұл көрсеткіштер тиісінше 95,1% және 80,2% болды.

2-кесте – Зертханалық жағдайда залалдандырылатын дақыл түрінің астық көбелегінің биологиялық көрсеткіштеріне әсері, 2025 ж.

Зақымданатын дақыл	Астық күйесінің көбелектерінің шығу уақыты, күн	1 кг астықтан шыққан жұмыртқалар, г	Астық күйесінің жұмыртқаларының диаметрі, мм	1 г жұмыртқадағы саны, дана
Арпа (бақылау)	28	6,0	0,5	53 000,0
Жүгері (тәжірибе)	32	8,0	0,7	48 000,0

Зертханалық жағдайда астық көбелегінің дамуы үшін ең қолайлы қоректік орта арпа болып шықты: арпаны залалдаған кезде көбелектер тезірек дамыды - 28 күн, сондай-ақ бір граммдағы жұмыртқа саны жүгерімен салыстырғанда көбірек болды - 53 мың дана, ал жүгеріде — 48 мың дана. Сонымен қатар, жүгеріде 1 кг дәннен алынатын жұмыртқалардың жалпы салмағы жоғары және олардың диаметрі ірі болды, бұл ірілеу жұмыртқалардың қалыптасуына неғұрлым қолайлы жағдай бар екенін көрсетеді.

Жүгеріде астық көбелегінің дамуы дернәсіл денесінің ұзындығының ұлғаюымен және көбею қабілетінің жоғары болуымен сипатталады: тәжірибеде 70 жұмыртқа, ал бақылауда 60 жұмыртқа, сондай-ақ 35 °C температурада өміршеңдігі ұзақ болып, 7 күн құрады, ал бақылауда 6 күн (3-кесте)

3-кесте – Зертханалық жағдайда астық көбелегінің жұмыртқаларынан трихограмманың шығуы, 2025 ж.

Зақымданатын дақыл	Шығу уақыты, күн	1 г астық күйесінен шыққан саны, дана	Денесінің ұзындығы, мм	35°C температурада өміршеңдік, күн	Көбею қабілеті, дана
Арпа (бақылау)	8-9	36 000,0	0,6	6,0	60,0
Жүгері (тәжірибе)	8-9	32 000,0	0,8	7,0	70,0

Астық көбелегінен 1 грамм астықтан шыққан трихограмма саны бақылауда 36 000 дана болса, тәжірибеде 4 000 данаға аз болды, бірақ дене өлшемдерін салыстырғанда 0,2 мм-ге артқандығы байқалды.

Сонымен қатар зертханалық жағдайда габробраконның дамуына температуралық режимнің әсері де анықталды (4 кесте).

4-кесте – Зертханалық жағдайда габробраконның дамуына температуралық режимнің әсері, 2025 ж.

Нұсқалар	Бөлме температурасы, °C	Ауаның салыстырмалы ылғалдылығы, %	Габробраконның дамуы, күн	10 жұлдызқұрттан шығу саны, дана	4°C температурада сақтау мерзімі, күн	10 жұлдызқұрттан сақтау соңындағы шығу саны, дана
Бақылау (классикалық әдіс)	23	45	10,2±0,2	85,3±1,7	20	70,2±0,8
Тәжірибе (жетілдірілген әдіс)	25	42	8,3±0,2	90,3±1,1	20	75,5±0,6

Кестеде келтірілгендей, габробраконды өсірудің классикалық әдісінде

дернәсілдердің шығуы 10-күні байқалса, тәжірибелік нұсқада — 8-күні тіркелді. 10 жұлдызқұрттан дернәсіл шығуы классикалық әдісте 85,3 дарақты, ал жетілдірілген әдісте 90,3 дарақты құрады. Сонымен қатар, 20-күні 4 °C температурада сақтағаннан кейін 10 жұлдызқұрттан габробракон дернәсілдерінің шығуы классикалық әдісте 70,2 дарақ, ал жетілдірілген әдісте 75,5 дарақ деңгейінде болды. Осыған байланысты жетілдірілген әдісте паразитоидтың даму ұзақтығы 2 күнге қысқарып, дернәсіл шығуы саны жағынан жоғары екені анықталды.

Осылайша, трихограмма мен габробраконды өсіру әдістері термикалық режимді оңтайландыру арқылы жетілдірілді, бұл олардың даму мерзімін қысқартуға мүмкіндік берді. Трихограмма толық өмірлік циклін 9,2-тен 7,5 күнге дейін қысқартса, габробракон – 10,2-тен 8,3 күнге дейін қысқарды, олардың тіршілік ету қабілеті мен көбею қабілеті артты.

Биоагенттерді өсіру үдерісін тұрақтандыру және олардың өмірлік маңызды параметрлерін дәл бақылау мақсатында микроклиматты автоматтандырылған бақылау жүйесі әзірленді. Бұл жүйе температураны, ауаның салыстырмалы ылғалдылығын, атмосфералық қысымды, газ құрамын және жарықтылық деңгейін үздіксіз тіркеуге мүмкіндік берді. Жүйе үш деңгейлі архитектураға негізделді: деректерді жинау деңгейінде Arduino Mega микроконтроллері арқылы микроклимат параметрлері өлшенді; агрегация және өңдеу деңгейінде Raspberry Pi негізіндегі сервер деректерді алдын ала өңдеп, сақтау мен тасымалдауды қамтамасыз етті; визуализация және басқару деңгейінде веб-интерфейс арқылы нақты уақыт режимінде мониторинг жүргізілді. Мұндай тәсіл энтомофагтарды өсіру жағдайларын тұрақтандырып, олардың даму тиімділігін арттыруға мүмкіндік берді.

Зертханалық жағдайда трихограмма мен габробраконға арналған капсулалардың бірнеше конструкциялық нұсқалары әзірленіп, 3D-басып шығару технологиясы арқылы PLA-пластиктен дайындалды. Капсулалардың механикалық беріктігі, биоагенттердің қоныстану деңгейі және паразитоидтардың ересек дарақтарының шығу көрсеткіштері бойынша салыстырмалы сынақтар жүргізілді. Зертханалық тәжірибелер нәтижесінде биоагенттердің толық қоныстануын, жоғары деңгейде залалдануын және тұрақты шығуын қамтамасыз еткен ең тиімді капсула үлгілері іріктеліп алынды.

Трихограммаға арналған капсулалар үшін торлы құрылым параметрлері оңтайландырылып, тесіктердің диаметрі мен орналасуын реттеу арқылы биоагенттердің шығу тиімділігі арттырылды. Жинау үдерісін жеделдету мақсатында төсеніштерді дайындауда сүзгілеу тәсілі енгізілді. Ал габробракон үшін капсулалау әдісі өздігінен қоныстану принципіне негізделді: балауыз көбелегінің жұлдызқұрттары арнайы жобаланған капсулаларға табиғи түрде қоныстанып, кейін зертханалық жағдайда паразитоидпен залалдандырылды. Бұл тәсіл капсулаларды стандарттауға, механикаландырылған өндіріске және биоагенттерді өнеркәсіптік қолдануға бейімдеуге мүмкіндік берді.

Зертханалық сынақтар нәтижесінде жұлдызқұрттардың толық қоныстануы және паразитоидпен 100% залалдануы қамтамасыз етілетін тек оңтайлы деп танылған капсула үлгілері ғана өндірістік масштабта дайындалып, далалық сынақтарға енгізілді (1-сурет).

Қызанақ егістігінде мақта көбелегіне қарсы трихограмма бар капсулаларды 10 маусымда ал, габробракон бар капсулаларды 26 маусымда Biodrop автоматтандырылған жүйесі арқылы ҰҰА-мен шашу жүргізіле бастады (5-кесте).



а - энтомофагтар бар капсулаларды шашу

б - габробракон бар капсула

в - трихограмма бар капсула

1-сурет – Қызанақ алқабына энтомофагтар бар капсулаларды Biodrop автоматтандырылған жүйесі арқылы ҰҰА-мен шашу, Түркістан облысы, Жетісай ауданы

Капсулалардағы биоагенттерді қолданудың биологиялық тиімділігі тікелей орналастыру нүктелерінің тығыздығына байланысты болды (6-кесте).

5-кесте – Қызанақ егістігінде трихограмма мен габробраконды капсула түрінде енгізу, Түркістан облысы, Жетісай ауданы, 2025 ж.

Гибрид	Тәжірибе нұсқасы	Биоагент	Шығарылған күні	Шығын мөлшері, дара/га	Зиянкестің даму кезеңі
Фабра F ₁	50 капсула/га	Трихограмма	10.06	120000	алғашқы жұмыртқалар пайда болған кезең
			13.06	80000	
			10.06	120000	
			13.06	80000	
	10 капсула/га	габробракон	26.06	700	ересек жұлдызқұрттар пайда болған кезең
			30.06	700	
			26.06	1050	
			30.06	1050	

Өсімдіктердің бүршіктену кезеңінде, мақта көбелегінің екінші ұрпағына қарсы, 50 трихограмма нүктесі мен 10 габробракон нүктесін гектарына шығару кезінде тиімділік 65,3% құрады, ал 100 және 15 нүкте/га кезінде – 77,4%. Өсімдіктердің жеміс пайда болу фазасында, үшінші ұрпаққа қарсы тиімділік сәйкесінше 67,5% және 79,0% болды.

6-кесте – Қызанақ егістіктерінде мақта көбелегіне қарсы капсулалардағы трихограмма мен габробраконның биологиялық тиімділігі, Түркістан облысы, Жетісай ауданы, 2025 ж.

Тәжірибе нұсқасы	Өсімдік фазасы	Орташа жұмыртқа мен жұлдызқұрттар саны 100 өсімдікке дейін / кейін		Биологиялық тиімділік, %
		шығаруға дейін	паразиттелген	
1	2	3	4	5
екінші ұрпақ				
Трихограмма 100 нүкте/га, габробракон 15 нүкте/га	Бүршіктену	11,75	9,1	77,4
Трихограмма 50 нүкте/га, габробракон 10 нүкте/га		12,25	8,0	65,3

1		3	4	5
Бақылау (енгізілмеген)		10,0	0	-
үшінші ұрпақ				
Трихограмма 100 нүкте/га, габробракон 15 нүкте/га	жеміс түзілу	10,5	8,3	79,0
Трихограмма 50 нүкте/га, габробракон 10 нүкте/га		11,25	7,6	67,5
Бақылау (енгізілмеген)		11,75	0	-

Қорытынды. Жүргізілген кешенді зерттеулер қызанақты қабыршаққанатты зиянкестерден, ең алдымен мақта көбелегінен биологиялық қорғауда трихограмма мен габробракон энтомофагтарын жаппай өсіру, капсулалау және егістік жағдайында қолданудың жетілдірілген технологияларының жоғары биологиялық әрі өндірістік тиімділігін дәлелдеді. Температуралық және ылғалдық режимдерді оңтайландыру нәтижесінде трихограмманың даму ұзақтығы 9,2 тәуліктен 7,5 тәулікке дейін, ал габробраконның даму кезеңі 10,2 тәуліктен 8,3 тәулікке дейін қысқарды. Сонымен қатар сақтау кезеңінен кейінгі тіршілікке қабілеттілік, өсімталдық және жалпы өміршендік көрсеткіштерінің едәуір артқаны байқалды. Даму температурасының кезең-кезеңмен өзгертілуі биологиялық сапаны төмендетпей ересектерінің жедел шығуын қамтамасыз етіп, энтомофагтарды зертханалық жағдайда өсірудің нәтижелілігін айтарлықтай жоғарылатты.

Астық көбелегін өсіруде қолданылатын иелік дақылдардың әсерін талдау жүгері пайдаланылған жағдайда ірілеу жұмыртқалардың қалыптасатынын көрсетті. Бұл өз кезегінде температуралық күйзелістерге төзімділігі жоғары, морфологиялық тұрғыдан жақсы дамыған және өсімтал трихограмма дарақтарының қалыптасуына ықпал етті. Алынған нәтижелер паразитоидтардың биологиялық өнімділігін арттыру мақсатында иелік дақылдарды мақсатты түрде іріктеудің жоғары практикалық маңызға ие екенін айғақтайды.

Зерттеудің маңызды технологиялық жетістігі ретінде трихограмма мен габробраконға арналған PLA-пластиктен дайындалған жаңа буындағы биоыдырайтын 3D-баспа капсулалары әзірленіп, кешенді сынақтардан өткізілді. Оңтайландырылған капсула конструкциялары иелердің толық қоныстануын, паразитоидпен 100% залалдануды және механикаландырылған енгізу кезінде жоғары механикалық төзімділікті қамтамасыз етті. Қолданылған материалдың экологиялық қауіпсіздігі және екі жыл ішінде толық ыдырауы әзірленген технологияның тұрақты егіншілік қағидаттарына толық сәйкестігін көрсетеді.

Түркістан облысында жүргізілген далалық тәжірибелер ұсынылған технологиялардың жоғары биологиялық тиімділігін растады. Капсулаланған биоагенттерді Biodrop автоматтандырылған жүйесі арқылы ҰҰА-мен шашу енгізу нүктелерінің тығыздығына тікелей тәуелді екені анықталды. Өсімдіктердің бүршіктену фазасында, мақта көбелегінің екінші ұрпағына қарсы, гектарына 50 трихограмма және 10 габробракон нүктесін орналастыру кезінде биологиялық тиімділік 65,3% құрады, ал енгізу тығыздығын 100 және 15 нүкте/га дейін арттырғанда бұл көрсеткіш 77,4%-ға жетті. Өсімдіктердің жеміс түзу кезеңінде, үшінші ұрпаққа қарсы тиімділік тиісінше 67,5% және 79,0% деңгейін көрсетті.

Осылайша, әзірленген технологиялар трихограмма мен габробраконды жаппай өсіру мен егістікке енгізудің ғылыми негізделген, экологиялық қауіпсіз және жоғары тиімді жүйесін қалыптастырып, қызанақ дақылын қабыршаққанатты зиянкестерден қорғауда кең ауқымды практикалық қолдануға толық негіз бола алады.

Қаржыландыру. Зерттеу жұмыстары Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы министрлігінің 2024–2026 жылдарға арналған BR22885887 «Зиянды организмдерді басқару жүйесін жетілдіру және ендіру» бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру аясында жүзеге асырылды.

Әдебиеттер:

[1] **Smith, S.M.** Biological control with Trichogramma: advances, successes, and potential of their use // *Annu Rev Entomol*, 1996. – №41(1). – P. 375–406. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.41.010196.002111>

[2] **Parra, J.R.P., Zucchi R.A.** Trichogramma in Brazil: feasibility of use after twenty years of research // *Neotrop Entomol*, 2004. – №33(3). – P. 271–281. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2004000300001>

[3] **Greenberg, S.M., Morrison R.K., Nordlund D.A., King E.G.** A review of the scientific literature and methods for production of factitious hosts for use in mass rearing of Trichogramma spp. // *J Entomol Sci*, 1998. – №33(1). – P. 15–32. <https://doi.org/10.18474/0749-8004-33.1.15>

[4] **Wang, B., Liu C., Xing Y., Li P.** Mass rearing and release of Trichogramma for biological control of insect pests of corn in China // *Biol Control*, 2014. – №68(1). – P. 136–144. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2013.06.015>

[5] **Vemmer, M., Patel A.** Review of encapsulation methods suitable for microbial biological control agents // *Biol Control*, 2013. – №67(3). – P. 380–389. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2013.09.003>

[6] **Kaur, G., Brar G.S.** Advances in formulation and delivery of entomopathogens and parasitoids: encapsulation and controlled release technologies // *J Pest Sci*, 2016. – №89. – P. 479–498. <https://doi.org/10.1007/s10340-016-0737-1>

[7] **Celestino, M.F. et al.** Encapsulation methods of entomopathogenic fungi for their application in biological control // *Res Soc Dev*, 2022. – №11(16). – e380111038031. Available from: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i16.38031>

[8] **Ghaemmaghami, E., Fathipour Y., Bagheri A., Talebi A.A., Reddy G.V.P.** Continuous rearing on *Ephestia kuehniella* reshaped quality of the parasitoid wasp *Trichogramma brassicae* // *J Asia Pac Entomol*, 2021. – №24(2). – P. 166–174. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2021.02.013>

[9] **Haque, A., Islam S., Bari A. et al.** Cold storage-mediated rearing of *Trichogramma evanescens* on *Plodia interpunctella* and *Galleria mellonella* // *PLoS ONE*. – 2021. – 16(6). – e0253287. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253287>

[10] **Bigler, F., Babendreier D., Kuhlmann U. (Eds.).** Environmental impact of invertebrates for biological control of arthropods: methods and risk assessment. – Wallingford: CABI Publishing, 2006. – 412 p. <https://doi.org/10.1079/9780851990583.0000>

[11] **Ullah, F. et al.** Field performance of *Trichogramma japonicum* for rice pest management // *PLoS ONE*, 2021. – №16(8). – e0256246. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0256246>

[12] **Xue, J.Z., Tariq T., Shen Z., Zhang Y.H., Tang L.D., Luo R.B., Sun Y., Hu C.C., Zang L.S.** Eri silkworm eggs as a superior factitious host for mass rearing *Trichogramma leucaniae* // *Biol Control*, 2025. – Vol. 209. – Article 105860. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2025.105860>

[13] **Wang, Y. et al.** Reproductive success of *Trichogramma ostrinae* over *Trichogramma dendrolimi* in multi-generational rearing on corn borer eggs // *Insects*, 2025. – №16(3). – P. 297. <https://doi.org/10.3390/insects16030297>

[14] **Мухамадиев, Н.С., Курманғалиева Н.Д., Чадинова А.М., Меңдібаева Г.Ж., Жүзбаев М.Ж.** Эффективность применения энтомофагов на посадках томата против хлопковой совки. // Журнал «Исследования, результаты», 2005. – №2. – С. 190–198 <https://doi.org/10.37884/2-2025/19>

[15] **Мухамадиев, Н.С., Курманғалиева Н.Д., Чадинова А.М., Меңдібаева Г.Ж., Кеңес Н.Т.** Особенности развития южноамериканской томатной моли (*Tuta absoluta* Povolny) на посадках томатов в условиях юга и юго-востока Казахстана // Қорқыт ата атындағы Қызылорда университетінің Хабаршысы, Ауыл шаруашылығы ғылымдары, 2025. – №2 (73). – Б. 154–164 <https://doi.org/10.52081/bkaku.2025.v73.i2.263>

[16] **Твердюков, А.П.**, Никонов П.В., Ющенко Н.П. Биологический метод борьбы с вредителями и болезнями в защищенном грунте. – М.: Колос, 1993. – 159 с.

[17] **Агасьева, И.С.** и др. Оценка биологической эффективности биологических средств защиты растений против основных вредителей кукурузы // Масличные культуры, 2019. – №3(179). – С. 124–129.

References

[1] **Smith, S.M.** Biological control with Trichogramma: advances, successes, and potential of their use // Annu Rev Entomol, 1996. – №41(1). – P. 375–406. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.41.010196.002111>

[2] **Parra, J.R.P.**, Zucchi R.A. Trichogramma in Brazil: feasibility of use after twenty years of research // Neotrop Entomol, 2004. – №33(3). – P. 271–281. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2004000300001>

[3] **Greenberg, S.M.**, Morrison R.K., Nordlund D.A., King E.G. A review of the scientific literature and methods for production of factitious hosts for use in mass rearing of Trichogramma spp. // J Entomol Sci, 1998. – №33(1). – P. 15–32. <https://doi.org/10.18474/0749-8004-33.1.15>

[4] **Wang, B.**, Liu C., Xing Y., Li P. Mass rearing and release of Trichogramma for biological control of insect pests of corn in China // Biol Control, 2014. – №68(1). – P. 136–144. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2013.06.015>

[5] **Vemmer, M.**, Patel A. Review of encapsulation methods suitable for microbial biological control agents // Biol Control, 2013. – №67(3). – P. 380–389. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2013.09.003>

[6] **Kaur, G.**, Brar G.S. Advances in formulation and delivery of entomopathogens and parasitoids: encapsulation and controlled release technologies // J Pest Sci, 2016. – №89. – P. 479–498. <https://doi.org/10.1007/s10340-016-0737-1>

[7] **Celestino, M.F.** et al. Encapsulation methods of entomopathogenic fungi for their application in biological control // Res Soc Dev, 2022. – №11(16). – e380111038031. Available from: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i16.38031>

[8] **Ghaemmaghani, E.**, Fathipour Y., Bagheri A., Talebi A.A., Reddy G.V.P. Continuous rearing on Ephestia kuehniella reshaped quality of the parasitoid wasp Trichogramma brassicae // J Asia Pac Entomol, 2021. – №24(2). – P. 166–174. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2021.02.013>

[9] **Haque, A.**, Islam S., Bari A. et al. Cold storage-mediated rearing of Trichogramma evanescens on Plodia interpunctella and Galleria mellonella // PLoS ONE. – 2021. – 16(6). – e0253287. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253287>

[10] **Bigler, F.**, Babendreier D., Kuhlmann U. (Eds.). Environmental impact of invertebrates for biological control of arthropods: methods and risk assessment. – Wallingford: CABI Publishing, 2006. – 412 p. <https://doi.org/10.1079/9780851990583.0000>

[11] **Ullah, F.** et al. Field performance of Trichogramma japonicum for rice pest management // PLoS ONE, 2021. – №16(8). – e0256246. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0256246>

[12] **Xue, J.Z.**, Tariq T., Shen Z., Zhang Y.H., Tang L.D., Luo R.B., Sun Y., Hu C.C., Zang L.S. Eri silkworm eggs as a superior factitious host for mass rearing Trichogramma leucaniae // Biol Control, 2025. – Vol. 209. – Article 105860. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2025.105860>

[13] **Wang, Y.** et al. Reproductive success of Trichogramma ostrinae over Trichogramma dendrolimi in multi-generational rearing on corn borer eggs // Insects, 2025. – №16(3). – P. 297. <https://doi.org/10.3390/insects16030297>

[14] **Mukhamadiyev, N.S.**, Kurmangaliyeva N.D., Chadinova A.M., Mendibayeva G.Zh., Zhuzbayev M.Zh. Effektivnost primeneniya entomofagov na posadkakh tomata protiv khlopkovoy sovki. Issledovaniya, rezultaty. – No.2, 2025. – P. 190–198. <https://doi.org/10.37884/2-2025/19> [in Russian]

[15] **Mukhamadiyev, N.S.**, Kurmangaliyeva N.D., Chadinova A.M., Mendibayeva G.Zh., Kenes N.T. Osobennosti razvitiya yuzhnoamerikanskoy tomatnoy moli (Tuta absoluta Povolny) na posadkakh tomatov v usloviyakh yuga i yugo-vostoka Kazakhstana. Korkyt Ata atyndagy Kyzylorda universitetinin Khabarshysy. Auyl sharuashylygy gylymdary. – No.2 (73), 2025. – P. 154–164. <https://doi.org/10.52081/bkaku.2025.v73.i2.263> [in Russian]

[16] Tverdyukov, A.P., Nikonov P.V., Yushchenko N.P. Biologicheskiy metod borby s vreditelyami i boleznyami v zashchishchennom grunte. Spravochnik. – Moscow: Kolos, 1993. – P. 159. [in Russian]

[17] Agasyeva, I.S. et al. Otsenka biologicheskoy effektivnosti biologicheskikh sredstv zashchity rasteniy protiv osnovnykh vreditel'ey kukuruzy. Maslichnye kultury, 2019. – No.3(179). P.124–129. [in Russian]

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ РАЗВЕДЕНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ ЭНТОМОФАГОВ В БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЕ ОСНОВНЫХ ВРЕДИТЕЛЕЙ ТОМАТА

Успанов А.М., кандидат биологических наук
Мухамадиев Н.С., кандидат биологических наук, профессор
Чадинова А.М.
Мендибаева Г.Ж. *, PhD, ассоциированный профессор
Курмангалиева Н.Д., кандидат сельскохозяйственных наук
Рысбекова А.М., PhD

ТОО «Казахский НИИ защиты и карантина растений им. Ж. Жиембаева», Алматы қ.,
Казахстан

Аннотация. В статье представлены результаты комплексных исследований, направленных на совершенствование технологий массового разведения, капсулирования и применения в полевых условиях энтомофагов трихограммы (*Trichogramma spp.*) и габробракона (*Habrobracon hebetor*) для биологической защиты томата от чешуекрылых вредителей. В процессе лабораторного разведения были оптимизированы температурный и влажностный режимы, а также оценено их влияние на динамику развития и основные биологические показатели. В результате оптимизации продолжительность развития трихограммы сократилась с 9,2 до 7,5 суток, а период развития габробракона — с 10,2 до 8,3 суток, при одновременном повышении жизнеспособности, плодовитости и общей жизнеспособности имаго.

В ходе исследования была разработана автоматизированная система контроля микроклимата, обеспечивающая непрерывное регулирование температуры, относительной влажности воздуха и атмосферного давления. Кроме того, были созданы биоразлагаемые капсулы из PLA-пластика, изготовленные методом 3D-печати и предназначенные для механизированного внесения энтомофагов; их конструкционная и биологическая эффективность была оценена в лабораторных и полевых условиях.

Полевые опыты, проведенные в Туркестанской области, показали, что совместное применение трихограммы и габробракона в капсулированной форме обеспечивает высокую биологическую эффективность против хлопковой совки (*Helicoverpa armigera*): в зависимости от плотности внесения эффективность составила 65,3–79,0 %. Полученные результаты свидетельствуют о том, что разработанные технологии являются экологически безопасными, научно обоснованными и имеют высокую практическую значимость для защиты томата от основных чешуекрылых вредителей.

Ключевые слова: томат, биологическая защита, *Trichogramma spp.*, *Habrobracon hebetor*, энтомофаги, *Helicoverpa armigera*, *Sitotroga cerealella*, капсула.

MODERN METHODS FOR MASS REARING EFFECTIVE ENTOMOPHAGES IN THE BIOLOGICAL CONTROL OF MAJOR TOMATO PESTS

Uspanov A.M., Candidate of Biological Sciences
Mukhamadiyev N.S., Candidate of Biological Sciences, Professor
Chadinova A.M.

Mendibayeva G.Zh. *, PhD, Associate Professor
Kurmangaliyeva N.D., Candidate of Agricultural Sciences,
Rysbekova A.M., PhD

*LPP «Kazakh Research Institute of Plant Protection and Quarantine named after Zh. Zhiembayev»,
Almaty, Kazakhstan*

Annotation. The article presents the results of comprehensive studies aimed at improving the technologies for mass rearing, encapsulation, and field application of the entomophages *Trichogramma* spp. and *Habrobracon hebetor* for the biological protection of tomato crops against lepidopteran pests. During laboratory rearing, temperature and humidity regimes were optimized, and their influence on developmental dynamics and key biological parameters was assessed. As a result of optimization, the developmental period of *Trichogramma* was reduced from 9.2 to 7.5 days, while the development time of *Habrobracon hebetor* decreased from 10.2 to 8.3 days, accompanied by increased survival, fecundity, and overall viability of adults.

During the study, an automated microclimate control system was developed to ensure continuous regulation of temperature, relative humidity, and atmospheric pressure. In addition, biodegradable PLA capsules produced by 3D printing were developed for the mechanized release of entomophages, and their structural and biological efficiency was evaluated under laboratory and field conditions.

Field experiments conducted in the Turkestan region demonstrated that the combined application of encapsulated *Trichogramma* and *Habrobracon hebetor* provides high biological efficiency against the cotton bollworm (*Helicoverpa armigera*). Depending on the release density, the effectiveness ranged from 65.3% to 79.0%.

The obtained results indicate that the developed technologies are environmentally safe, scientifically substantiated, and have high practical significance for the biological control of major lepidopteran pests of tomato.

Keywords: tomato, biological control, *Trichogramma* spp., *Habrobracon hebetor*, entomophages, *Helicoverpa armigera*, *Sitotroga cerealella*, capsule.

HUMIC SUBSTANCES IN AGRICULTURE: ENVIRONMENTAL SAFETY AND APPLICATION EFFICIENCY – A REVIEW

Yerekeshova G.A.¹, 2nd-year PhD student in the program 8D05201 “Bioecological engineering”
yerekeshovag01@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0008-2694-2342>

Kabdrakhmanova S.K.¹, Candidate of Technical Sciences, associate professor
skabdrakhmanova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5760-2967>

Kabdrakhmanova A.K.^{1,2,3}, PhD, Senior Researcher
kabdrakhmanovaajnur4@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4425-303X>

Shaimardan E.^{1,2,4}, PhD, Senior Researcher
eshaymardan@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3173-0220>

Beisebekov M.M.², PhD, Senior Researcher
make1987@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6386-4605>

¹*Satbayev University, 22, Satbayev str., Almaty, Kazakhstan*

²*Scientific Center of Composite Materials, 79 Nurmakov str., Almaty, Kazakhstan*

³*Scientific Research Institute “TrueScience”, Almaty, Kazakhstan*

⁴*LLP “SciCom”, Astana, Kazakhstan*

Annotation. Humic substances (HS) are an essential component of soil organic matter and are considered a promising basis for the development of environmentally safe bioproducts used in sustainable agriculture. In the context of global soil degradation and the increasing demand for enhanced productivity of agroecosystems, interest in natural compounds capable of improving soil fertility and stimulating plant growth is steadily growing. This review summarizes current scientific data on the origin, structure, physical and chemical properties, as well as biological activity of humic substances, as well as their role in the functioning of soil ecosystems. It is shown that humic substances are formed during the humification of organic residues and are characterized by a complex molecular structure containing various functional groups that ensure their high chemical and biological activity. Due to their ability to participate in complexation, ion exchange, and electron transfer processes, humic substances regulate key soil processes, including nutrient cycling, carbon sequestration, soil structure formation, and detoxification of pollutants. Particular attention is given to the physiological effects of humic substances on plants. It is demonstrated that they exhibit hormone-like properties, stimulating root system development, activating metabolic processes, and increasing plant resistance to abiotic stress. In addition, humic substances enhance the bioavailability of macro- and micronutrients, improve soil water retention capacity, and promote the activity of soil microbiota. The review also examines modern methods for obtaining humic acids from natural carbon-containing materials, including chemical, mechanochemical, hydrothermal, biochemical methods, as well as process intensification techniques using ultrasound, microwaves, and electromagnetic fields. The advantages and limitations of various technologies, as well as their environmental aspects, are discussed. Thus, humic substances are considered multifunctional natural compounds with significant potential for improving soil fertility, enhancing the sustainability of agroecosystems, and developing biologically active products for agriculture. Their use opens new opportunities for the advancement of environmentally oriented agricultural technologies and for addressing current challenges in food security and environmental protection.

Keywords: humic substances, humic acids, soil organic matter, plant biostimulants, soil fertility, sustainable agriculture.

Introduction. Review of Humic Substances. Humic substances (HS) represent a complex and heterogeneous group of organic compounds formed during the decomposition of plant and animal residues in soil. They play a key role in maintaining the health of soil ecosystems by influencing soil structure, water retention capacity, nutrient cycling, and microbial activity. This review summarizes data from a wide range of peer-reviewed studies, meta-analyses, and recent advances in soil chemistry and agricultural sciences. The literature considered includes both classical works that established the fundamental chemical and biological properties of HS and contemporary studies investigating their application for improving crop productivity and the sustainability of agroecosystems. Scientific databases such as Web of Science, Scopus, and Google Scholar were used for the analysis. The selection of publications was carried out using key terms including “Humic Substances,” “Humic Acids,” “Fulvic Acids,” “Humin,” and “Organic fertilizers from HS.” The review highlights the multifaceted effects of HS: they contribute to the improvement of soil structure, stimulate microbial activity, enhance plant stress tolerance, and increase nutrient uptake efficiency. Particular attention is given to their potential role in organic farming, carbon sequestration, and biodiversity conservation. The integration of historical data with recent research provides a comprehensive understanding of the importance of HS for sustainable agriculture and their environmental impacts.

Relevance of Soil Degradation Issue. Soil degradation is one of the most pressing global challenges, as it is currently estimated to affect one-third of the Earth’s land surface, resulting in the loss of approximately 24 billion tons of fertile soil annually [1]. If this trend continued, it may lead to a 12% reduction in food significant increase in food prices over the next 20 years [2]. Soil degradation is associated with long-term consequences, whereas soil restoration requires the rapid implementation of cost-effective strategies [3].

Therefore, timely and economically efficient soil restoration strategies are of critical importance. One promising approach is the use of humic substances (HS), which can enhance soil carbon sequestration by stabilizing carbon in solid or dissolved forms, thereby preventing its release into the atmosphere. As part of the Paris Climate Agreement, the “4 per 1000” initiative advocates for an annual increase of 0.4% in soil carbon levels, aiming to combat climate change, improve global food security, and reduce CO₂ accumulation in the atmosphere [4]. HS, formed through the humification and carbonization of natural carbonaceous materials (NCM) such as lignite, brown coal, leonardite, and peat, plays a key role in soil ecosystems [5].

The formation of soil organic matter (SOM) under natural conditions occurs through the prolonged process of humification, where organic matter decomposes over extended periods of time [6]. However, decreasing humus content – mainly due to intensive farming and continuous fertilizer input – has led to the necessity of artificially producing humic substances (HS) in order to preserve soil fertility [7].

As the main constituent of soil organic matter, humic substances (HS) account for 60-80% of total SOM, constitute 50-80% of dissolved organic matter in aqueous environments, and about a quarter of the organic matter in groundwater [8]. These substances improve soil water-holding capacity, regulate soil macroaggregation, contribute to carbon sequestration, and influence soil microbiome dynamics. In addition, biologically active natural products, including HS, accelerate plant growth, shorten developmental periods, increase crop yields, stimulate the synthesis of phosphorus-containing and protein compounds, enhance respiration and cell proliferation, and promote biomass accumulation through intensified nutrient uptake. They also positively affect animal health by increasing weight gain and fertility and significantly stimulate the growth and reproduction of protein-producing yeasts.

The Role of Humic Substances in Sustainable Agriculture. The global agricultural sector is facing unprecedented challenges in the 22st century: according to projections, the

world population will reach 9.7 billion by 2050, requiring a 70% increase in food production [9]. At the same time, agriculture must address environmental issues, cope with resource scarcity and the impacts of climate change, while maintaining the economic sustainability of farming systems.

Effective management of soil organic matter through sustainable agricultural practices—such as crop rotation, mulching, intercropping, as well as the application of artificial soil conditioners, including humic products, biochar, and biocompost—plays a key role in maintaining soil fertility and mitigating climate change impacts [2]. Practices such as crop rotation, reduced tillage, organic farming, and agroforestry contribute to improving soil health and enhancing its resilience to external stresses [10].

Recent studies emphasize the importance of integrating humic substances with organic fertilizers for sustainable soil management. This combination enhances soil fertility, improves nutrient availability, and stimulates microbial activity. In particular, the combined application of HS with compost or biochar increases the stability of soil organic matter and the efficiency of nutrient cycling, thereby positively affecting plant growth and crop yields [11,12].

The synergy between HS and organic additives promotes the formation of stable soil aggregates, improves soil water retention capacity, reduces erosion, and enhances the bioavailability of key nutrients such as nitrogen and phosphorus, while simultaneously decreasing the washout of harmful compounds, thereby contributing to the environmental sustainability of agroecosystems [13].

Characteristics of Humic Substances. Humic substances (HS) are natural high-molecular-weight organic compounds formed during the humification of plant biomass under the influence of biological and chemical factors. The main industrial sources of humic substances include leonardite and lignite, as well as natural organic substrates (such as compost and vermicompost) [14].

Humic substances are formed as a result of the decomposition and transformation of residues of living organisms, predominantly of plant origin [15]. Once organic matter is released into the environment, its more stable components can persist due to structural irregularities and the formation of mineral complexes [16]. Humic substances (HS), formed through stochastic synthesis, represent chromogenic and structurally diverse organic materials commonly found in soils, aquatic systems, and coal-related natural deposits, including peat, leonardite, and lignite [17]. These high-molecular-weight compounds, with molecular masses ranging from 600 to 300,000 Da [18], consist of a variety of chemical components, including aromatic structures such as benzene, quinoline, pyrrole, pyridine, and furan. The structure of HS includes bridging groups such as $-O-$, $-NH-$, $-N=$, $-CH_2-$, and $-C=C-$, with predominant functional groups including carboxyl, phenolic, amino, quinone, and methoxy groups [4].

Humic substances are conventionally classified into humic acid (HA), which are soluble under alkaline conditions but insoluble in acidic media; fulvic acids (FA), which are soluble in both acidic and alkaline environments; and humin, which is insoluble in both (Figure 1). The chemical structure of HS includes aromatic rings linked to aliphatic chains, which vary depending on their origin. Fulvic acids are characterized by lower molecular weight and higher oxygen content, but lower carbon and nitrogen content compared to humic acids and humin [18].

The solubility of humic acids (HA) depends on the pH of the medium. Under alkaline conditions, HA is deprotonated, leading to the formation of hydrophilic anionic groups such as carboxylates and phenolates, which are soluble in solution. In acidic media, HA precipitates due to protonation and an increased concentration of hydrogen ions [18]. As the pH decreases, electrostatic repulsion between functional groups is minimized, leading to a more compact molecular structure and resulting in the precipitation of humic acids in acidic conditions [19].

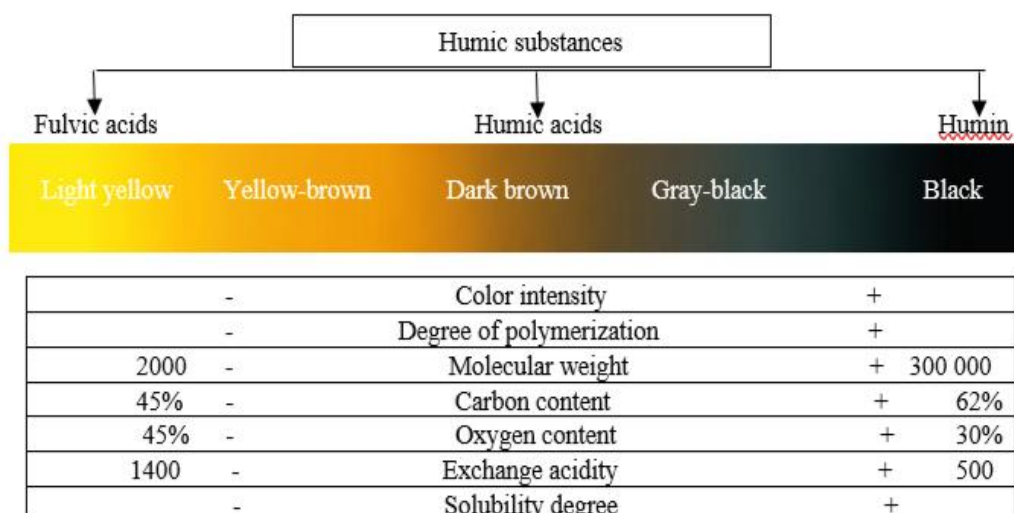


Figure 1 – Main fractions of HS and their characteristics

Under these conditions, the hydrophobic regions of humic acids (HA) orient inward, while the hydrophilic parts interact with the surrounding environment. This behavior imparts surfactant-like properties to HA, enabling the formation of micelle-like structures that reduce surface tension. The process begins with intramolecular aggregation, followed by intermolecular aggregation, ultimately leading to the precipitation of HA under acidic conditions [18].

Depending on their source, HA contain various functional groups, including carboxyl, hydroxyl, (both aliphatic and aromatic), quinone, and amino groups [20]. The presence of carboxylic and phenolic groups confers acidic properties to HA [21]. The C/N ratio is a key characteristic of humic acids (HA). Due to microbial activity, decomposition processes, and condensation reactions with amino compounds in soil, natural HA is enriched with nitrogen compared to synthetic HA. Understanding the characteristics and differences between synthetic and natural HA is essential for their diverse applications, given the similarities in their structure and formation mechanisms [22].

Since several organic fragments present in HS participate in redox processes, donor–acceptor electron transfer mechanisms, adhesion, and pH regulation [16], HS directly induce multiple biotic and abiotic reactions, contributing to microbial respiration, enhanced soil fertility, transformation of xenobiotics, and metal bioavailability [23]. In particular, the use of HS to improve crop yield and soil quality has attracted significant attention due to the urgent need for environmentally friendly organic fertilizers as alternatives to conventional NPK-based chemical fertilizers (nitrogen, phosphorus, and potassium) [24]. Despite containing insufficient amounts of essential NPK nutrients [16], HS are widely used as soil amendments and plant growth biostimulants [24,25]. This is attributed to their ability to enhance soil organic carbon sequestration, especially in agricultural soils experiencing continuous organic matter depletion [26].

Incorporating humic substrates into the soil enhances crop yields by introducing abundant oxygen-bearing functional groups that elevate soil acidity[23]. Consequently, macronutrients-especially phosphorus-show increased bioavailability due to the greater solubility of phosphorus under acidic conditions [27,28].

HS possess high molecular weight and exhibit strong adhesive properties due to oxygen containing functional groups, which promote soil particle aggregation and, consequently, increase crop yields [29]. Patterns of aggregation have been shown to depend on both soil type and the origin of HS [29]. Notably, HS are capable of directly stimulating plants by modulating the expression of genes and functional proteins [23]. Experimental

evidence of the penetration of HS components into plant roots has been demonstrated using microautoradiography demonstrated using microautoradiography [30]. Although the precise mechanisms by which humic substances (HS) cross the root surface (rhizoplane) are not fully understood, their transport seems to depend on the molecular size distribution of HS components [23]. Once absorbed, movement from roots to shoots occurs primarily through transpiration [30]. Additionally, certain active functional proteins—including high-affinity K^+ transporter 1, phospholipase A_2 , and H^+ -ATPase—are known to be modulated by HS [31].

Further research is required to determine how HS components influence the activity of such enzymes; however, two plausible mechanisms can be considered. First, oxygen-containing functional groups in HS can alter the pH of the cellular microenvironment, thereby affecting the activity of membrane proteins. In particular, the alkalization of root cell membranes induced by the H^+/NO_3^- symporter may be neutralized by the acidity of HS [23]. Second, the non-specific adhesive properties of HS are likely to facilitate interactions with functional proteins, which may result in either activation or deactivation. This hypothesis is supported by experimental evidence demonstrating the ability of HS to physically encapsulate proteins via electrostatic interactions in vitro [16].

Humic substances (HSs) also contain inorganic components that play an important role in the formation of their structure and in their functional performance in soils. These components include minerals, metals, and various elements incorporated into the humic structure through adsorption, complexation, and co-precipitation processes.

In addition, HSs are capable of accumulating trace elements such as zinc (Zn), copper (Cu), and manganese (Mn), as well as heavy metals including lead (Pb) and cadmium (Cd), and metalloids such as arsenic (As). Through chelation processes, these elements are converted into less mobile forms, thereby reducing their bioavailability and potential toxicity in soils [32].

Studies have also demonstrated the ability of humic substances of different origins to reduce Cr(VI) to Cr(III). Peat-derived humic substances exhibit higher reductive activity, whereas coal-derived HSs are characterized by a more prolonged but less intense reduction effect [33].

Multistimulatory Effects of Humic Substances on Plant Growth and Development. In recent years, plant growth regulators—adaptogens, including humic substance (HS) – based compounds—have become widely used in agriculture. Numerous studies have demonstrated that HS exert multistimulatory effects on plant physiological processes, including seed germination, root system development, and tolerance to abiotic stress [31,34].

Humic substances act as natural growth stimulants, directly affecting cellular signaling pathways, regulating enzymatic activity, and optimizing soil–plant interactions. Unlike conventional mineral fertilizers, they provide an environmentally safe approach to enhancing crop productivity [35].

The effects of HS on plants are realized through two main mechanisms: an indirect mechanism—via modification of the physical and chemical properties of soil—and a direct mechanism—through their influence on plant physiological and metabolic processes. Studies [36] have shown that HS and their fractions positively affect both primary and secondary metabolic pathways in plants under laboratory as well as field conditions.

Humic substances have emerged as important regulators of root growth, plant development, and adaptation to environmental factors. Recent studies indicate that humic substances function as signaling molecules, influencing root system architecture, nutrient uptake efficiency, and plant stress adaptation mechanisms [37].

In addition, HS play a significant role in accelerating seed germination. Germination of several plant species, such as maize [38], *Arabidopsis thaliana* [39], and rice [40], is

enhanced in the presence of HS. Phenolic fragments incorporated into the structure of humic substances are considered one of the key factors determining the stimulation of seed germination [38].

It should be noted that low-molecular-weight phenolic compounds, such as *p*-coumaric acid and *p*-hydroxybenzoic acid, which are widely distributed in soil, exert a pronounced inhibitory effect on seed germination by disrupting glycolysis and the oxidative pentose phosphate pathway [41], whereas polymerized phenolic compounds structurally similar to humic substances promote seed germination [39]. According to the authors, the observed contrasting effects are associated with the degree of humic substances is a critical factor controlling phenolic-induced enzyme inhibition. Moreover, inhibitory effects of humic substances on seed germination have been reported at defined concentrations [39]. As shown in studies [42,43], HS significantly promotes root growth and strengthening in agricultural crops, particularly enhancing lateral root proliferation. Three primary mechanisms have been suggested to root stimulation. The first involves hormone-like organic constituents, such as auxin-type compounds, which can trigger specific hormonal signaling pathways in plants. Auxin-like moieties have been detected within organic fractions of humic substances derived from vermicompost [42]. Nevertheless, studies employing humic substance analogues produced through the polymerization of well-characterized low-molecular-weight phenolic compounds, which lack a definitive auxin structure, indicate that the overall arrangement of functional groups within humic substances-particularly phenolic and carboxylic moieties-may play a more decisive role [39].

A more detailed analysis shows that structural characteristics associated with root initiation and growth differ. Garcia et al. reported that labile, highly functionalized organic groups are mainly involved in root initiation, whereas more stable and less functionalized fractions predominantly contribute to root elongation [44]. In addition, specific structural motifs capable of selectively enhancing root system development have been identified. In particular, the aliphatic hydroxyl group of lignin plays a key role in promoting maize seedling development without affecting germination rate [45]. Secondly, humic substances stimulate the production of nitric oxide, which in turn enhances the formation and growth of lateral roots. The observation that nitric oxide scavengers, rather than auxin pathway inhibitors, effectively suppress humic substance-induced root development suggests the involvement of auxin-independent signaling mechanisms [43]. Thirdly, an increase in the expression of proteins related to energy metabolism has been observed, indicating that enhanced metabolic activity may contribute to root cell proliferation [46]. Collectively, these two latter mechanisms suggest that nitric oxide and energy metabolism-related proteins are key biological determinants of root development. However, the specific structural components of humic substances responsible for triggering these processes remain insufficiently investigated.

Experimental studies provide further evidence of the stimulatory effects of HS on plants. Foliar application of HS solutions improved photosynthetic activity in peppermint (*Mentha piperita* L.), while the combined use of HS with chemical fertilizers and inoculation with the mycorrhizal fungus *Funneliformis mosseae* enhanced plant biochemical parameters [47]. Other studies have reported increased chlorophyll content in maize leaves following foliar application of HS under both water-deficient and optimal moisture conditions. These findings demonstrate the practical benefits of HS for improving crop productivity and resilience, as well as their positive impact on soil condition and reduction of environmental burden.

Methods for Obtaining Humic Acids. Due to their high ash and moisture content, elevated levels of volatile substances, and low calorific value, natural carbonaceous materials are of limited interest as solid fuels. However, their high content of humic substances makes them attractive as raw materials for the production of humic acids.

Technologies for the extraction of humic acids from natural carbonaceous materials comprise a range of approaches, including conventional extraction methods and those enhanced by physical intensification techniques, such as hydromechanical, ultrasonic, and electrodynamic treatments, as well as their combined applications. Additional approaches include oxidative processes, hydrothermal conversion, and mechanochemical activation [48].

To systematize existing technologies for the production of humic acids from various natural carbon-containing materials, the main methods, their underlying principles, and technological features are presented in Table 1.

Table 1 – Comparative characteristics of the main methods for obtaining humic acids from natural carbon-containing materials

Method of production	Main raw materials	Process principle	Advantages	Limitations
Alkaline extraction	Leonardite, brown coal, peat	Dissolution of humic substances in an alkaline medium followed by precipitation upon pH reduction	High yield, technological simplicity, and widespread application	Possible modification of humic substance structure and the use of chemical reagents
Acid–alkaline extraction	Peat, lignite	Preliminary acid treatment to remove mineral components followed by alkaline extraction	Production of purer humic acids	Additional process steps
Mechanochemical activation	Brown coal, leonardite	Disruption of raw material structure by mechanical action with activation of chemical reactions	Increased yield of humic acids and reduced reagent consumption	Requires specialized equipment
Hydrothermal treatment	Biomass, organic waste	Treatment of raw material with subcritical water at elevated temperature and pressure	High efficiency of organic structure disruption	High energy consumption
Biochemical method	Compost, organic waste	Biodegradation of organic matter by microorganisms with the formation of humic compounds	Environmentally safe process	Long processing time
Ultrasonic extraction	Peat, brown coal	Cavitation effects of ultrasound accelerating the breakdown of raw material structure	Intensification of the extraction process	Possible structural degradation at high power
Microwave-assisted extraction	Peat, coal	Rapid heating and structural decomposition of organic material under microwave irradiation	Reduction of extraction time	Requirement for specialized equipment
Electrochemical method	Carbon-containing materials	Oxidation of organic substrate in an electric field	Increase in the number of functional groups and yield of humic acids	Strict control of process conditions is required

Extraction processes for obtaining humic acids (HA) include acid–alkaline extraction, acid precipitation, extraction using organic solvents, and extraction employing ion-exchange resins [19]. Each of these extraction methods has both advantages and limitations. For instance, acid extraction is relatively simple and cost-effective; however, it leads to a high level of impurities in the final product and considerable atmospheric emissions, rendering it environmentally unfavorable for both research and practical applications [49]. Notably, when acid extraction is applied as a pretreatment step prior to alkaline extraction, the resulting humic acids are characterized by higher molecular weight, reduced nitrogen and carbon contents, and increased oxygen and hydrogen contents compared with those obtained through alkaline extraction alone. According to the authors, this effect is attributed to the removal of low-molecular-weight compounds during the acid pretreatment stage [50].

A leaching-acid precipitation approach is among the most commonly employed approaches for the extraction of humic acids from natural carbonaceous materials. Humic substances can be fractionated into fulvic acids (FA), brown humic acids, gray humic acids, and humin according to their solubility across different pH ranges and concentrations [51]. FA are soluble over the entire pH spectrum, whereas brown and gray humic acids are soluble within the pH range of 2 to 7, while humin remains insoluble under all pH conditions [52]. A wide range of chemical reagents is utilized in these processes, including sodium and potassium hydroxides, ammonia, soda, sodium fluoride, sodium acetate, sodium oxalate, sodium pyrophosphate, ammonium oxalate, as well as organic solvents such as acetyl bromide, aqueous dioxane, furfural, and amines [53]. However, reagent-based extraction methods present notable limitations, as alkaline treatment may alter the structure of humic substances, reduce their biological and chemical activity, and disrupt their native configuration. In addition, a fraction of HS remains insoluble in water.

The mechanochemical method for humic acid (HA) extraction is based on the dispersion of humate-containing raw materials with the simultaneous incorporation of chemical reagents. Mechanical fragmentation of the feedstock increases the interfacial contact area, generates new pores and capillaries, and renews the reactive surface between phases. The addition of specifically selected reagents further enhances the yield of target compounds. Mechanochemical activation improves the reactivity of humic acids through solid-state processing using equipment such as ball mills and mechanical activators. This process leads to the formation of paramagnetic centers in natural carbonaceous materials and promotes the generation of reactive oxygen species and hydroxyl radicals on particle surfaces, cleavage of chemical bonds [54]. Ball milling modifies the catalytic transition state, thereby facilitating more complete interaction with the initial raw material. Mechanochemical activation increases the activity of HA through solid-phase treatment using devices such as ball mills and mechanical activators. This process generates paramagnetic centers in natural carbonaceous materials, producing reactive oxygen species and hydroxyl radicals on the particle surface through the cleavage of various chemical bonds [54]. Ball milling alters the catalytic transition state, ensuring complete interaction with the initial raw material. The main advantage of the mechanochemical method is the reduction in the use of chemical reagents and the acceleration of the overall process time [55].

Mechanochemical activation of humic acids using nanocatalysts represents an environmentally sustainable alternative approach that enhances humic acid activation, thereby improving their solubility and functional efficiency in agricultural applications. In such systems, conventional chemical oxidants, are replaced by engineered nanocatalysts designed to increase the yield of target products. A range of nanocatalysts has been reported, including 3D-MoS₂-HN [56], DS-Fe-N HC [40], TiO₂–WO₃ [57], Fe₃O₄/LaNiO₃ [58], and α -MnO₂/kaolinite [59], typically applied at low dosages (less than 1%) in combination with alkaline reagents. Nanocatalyst-assisted mechanochemical activation also enables the

synthesis of nitrogen-enriched humic fertilizers, for example, via extrusion processes [40]. This strategy promotes the formation of additional functional during activation, leading to improved water retention capacity, enhanced nitrogen uptake by plants, and reduced nitrogen losses to soil and water systems.

Hydrothermal conversion is primarily based on the principle that subcritical water extraction can dissolve organic matter [60]. This method employs high-temperature subcritical water as the reaction medium, offering technical advantages such as high energy efficiency, short reaction times, high yields, and efficient product separation [61]. The process operates under subcritical conditions, where the critical temperature and pressure of water are 374°C and 22.1 MPa, respectively. Typically, hydrothermal processes are conducted at temperatures above 230°C and under high pressure (2–10 MPa), enabling efficient processing of organic waste [62]. The pressure generated by subcritical water maintains it in the liquid phase, allowing it to function as a polar organic solvent. An increase in temperature during hydrothermal processing reduces water viscosity, density, and dielectric constant, weakens hydrogen bonding, and increases its ionization constant [63]. As a result, water becomes an effective extracting solvent and a powerful catalyst capable of penetrating substrate pores. At temperatures of 200, 300, 370, and 500°C, the solubility of water becomes comparable to that of methanol, acetone, methylene chloride, and hexane at 25°C. As the temperature decreases below the critical point, the density and dielectric constant of water decrease, while the dissociation constant (K_w) reaches a maximum at approximately 250°C [63]. The reduction in dielectric constant lowers water polarity, facilitating the dissolution of nonpolar polymers. The weakening of hydrogen bonds increases the ionic product and dissociation of water, leading to the formation of higher concentrations of hydronium (H_3O^+) and hydroxide (OH^-) ions. Under hydrothermal conditions, the main reactions include intramolecular hydrolysis and dehydration, decarboxylation (resulting in CO_2 , amines, and hydrocarbons), deamination (yielding NH_3 and organic acids), as well as condensation, aromatization, and polymerization processes (conversion of alkanes and alkenes into hydrochar) [64]. The formation of CO_2 during hydrothermal carbonization, accounting for approximately 2% of total carbon, also contributes to increased pressure. However, increasing the alkalinity of the process can suppress the formation of gaseous products to nearly zero, retaining carbon in the solid and liquid phases [65]. Hydrothermal treatment can be applied to disrupt the macromolecular structure of natural carbonaceous materials and increase the number of oxygen-containing functional groups, followed by the extraction of humic acids [66].

Biochemical methods are based on the alkaline extraction of humic substances (HS) from soil, followed by purification using microorganisms. Study [67] describes a method for producing liquid humic fertilizers through the bacterization of HS with microbial strains capable of modifying organic matter and degrading the internal structure of peat or vermicompost. Various microorganisms have been used for the extraction of humic acids from natural carbonaceous materials, including *Aspergillus oryzae*, *Polyporus versicolor*, *Bacillus*, *Streptomyces flavus*, *Aspergillus flavus*, *Streptomyces fulvissimus*, *Penicillium*, *Trichoderma citrinoviride*, *Poria monticola*, fungal culture M13, and MWI fungi [68–71]. The biodegradation of natural carbonaceous materials involves three main stages: solubilization, depolymerization, and utilization [72]. Solubilization occurs in an alkaline medium as a non-enzymatic process, whereas depolymerization proceeds enzymatically at pH values below 6 [68]. The efficiency of solubilization, largely dependent on oxygen availability, is a key factor in microbial decomposition [73]. Therefore, oxidizing agents are typically used as a pretreatment step to increase the degree of oxidation of the raw material, with nitric acid (HNO_3) being particularly effective in enhancing microbial solubilization and increasing the yield of humic acids [73]. In biological activation processes, the solubilization of natural carbonaceous materials, dissolution of HS in water and alkaline media, and nutrient

enrichment are considered key indicators for evaluating the efficiency of HA production [74]. Surfactants and oxidants may be applied to improve biological activation [69]. For example, the combined use of Tween-80 as a surfactant and engineered strains of *Phanerochaete chrysosporium* and *Trametes versicolor* enhanced the biosolubilization of weathered coal while simultaneously reducing the molecular weight of humic substances [75]. Overall, microbial methods for the activation of humic substances face several limitations, including insufficient development of strain production technologies, long processing times, low yields, and poor solubility of the resulting humic substances [76].

To address challenges such as low reaction rates, multistage processing, high operating temperatures, and limited mass and heat transfer efficiency, *process intensification methods* have been proposed to enhance extraction efficiency and reduce energy consumption in the production of humic acids (HA). Various intensified extraction techniques, including ultrasound, microwave irradiation, hydrodynamic cavitation, electrical discharge, as well as electric and electromagnetic fields, have been investigated in studies [77–80]. For example, HA extraction from peat using ultrasonic treatment with NaOH has been reported [81]; microwave-assisted extraction employing H_2O_2 has been applied for the production of fulvic acids (FA) from brown coal (Fig. 2A) [82]; microwave extraction using a KOH–urea system has been utilized to obtain humic substances from natural carbonaceous materials [83]; and electrical discharge methods have been employed for the extraction of humic substances from peat [84].



Figure 2 – Production of HA from natural carbonaceous materials using process intensification methods: (A) microwave-assisted extraction using H_2O_2 ; (B) integration of ultrasound with oxidizing agents; (C) combined ultrasonic treatment and extraction; (D) application of an electromagnetic vortex activator with ferromagnetic particles.

Among process intensification techniques, ultrasound has demonstrated high efficiency in improving the extraction of humic substances, particularly the hydrophobic fraction of fulvic acids. However, prolonged exposure and high ultrasonic intensity may adversely affect extraction performance [85]. Ultrasonic treatment generates shock waves and

microjets, which enhance mixing, induce cavitation, and promote the formation of highly reactive species, including hydroxyl radicals, hydrogen peroxide (H_2O_2), and ozone, all characterized by strong oxidative potential. The improvement in humic acid (HA) extraction under ultrasonic treatment attributed to the increased number of active sites saturated with potassium ions (K^+), formed during KOH treatment. This facilitates HA dissolution in the liquid phase through the disruption of hydrophobic interactions and hydrogen bonding, as well as through improved chemical diffusion and mass transfer processes [86].

The combination of ultrasound with oxidizing agents represents an effective strategy for the production of humic acids (HA) and fulvic acids (FA) from natural carbonaceous materials, as illustrated in Fig. 2B. This approach not only enhances HA yield but also shortens processing time and reduces the required concentration of oxidants [86]. Ultrasound promotes the generation of OH radicals, which attack the molecular structure of the substrate and incorporate oxygen into the HA structure, enriching it with active functional groups. Moreover, this method does not involve direct CO_2 emissions, making it an environmentally friendly alternative for converting natural carbonaceous materials into humic substances. Ultrasonic treatment induces cavitation, leading to significant particle size reduction and facilitating the release of water-soluble organic compounds into the liquid phase. The humic substances transferred into the liquid phase exhibit elevated physiological activity and enhanced reactivity in subsequent hydrothermal synthesis processes [87]. Ultrasonic extraction is typically carried out using specialized devices in which both dispersion and extraction of humic substances from humate-containing raw materials.

One of the promising approaches for the production of humic acids is the application of electric and electromagnetic fields. The electric field generates an oxidative environment at the anode, enabling intensive interaction with the substrate (Fig. 2C). During treatment, substrate particles interact with the electrode surface, initiating oxidation reactions that partially suppress the oxygen evolution reaction at the anode. The established oxidative conditions promote the degradation of the macromolecular structure of the substrate through the cleavage of chemically active bonds, accompanied by the formation of oxygen-containing functional groups, including nitro and hydroxyl groups. This process leads to the formation of oxidation products, among which humic acids are of primary importance. Furthermore, electrochemical extraction facilitates the transformation of benzene and condensed aromatic structures into phenolic hydroxyl and quinone groups. The increase in oxygen-containing functional groups within humic acids enhances their solubility in alkaline media and contributes to a higher yield of the target product. Due to the high oxidative potential of the electrochemical system, bioresources with low initial humic acid content, such as compost and peat, can also be effectively processed, resulting in a significant increase in humic acid yield [88]. In electrochemical HA production methods, moderate oxidation is required to achieve optimal yields; therefore, intensification of electrochemical oxidation under controlled conditions is essential [89]. Electrode materials and the applied voltage play a crucial role in determining the efficiency of humic acid (HA) production in electric field-based processes. A range of anode materials, including Cu, Ni, Pb, and Pt, have been investigated, resulting in the formation of HA along with by-products such as oxygen (O_2), carbon dioxide (CO_2), and minor amounts of carbon monoxide (CO).

Humic acids can also be synthesized from various raw materials using electromagnetic field technologies, such as vortex layer devices (Fig.2D). In this approach, the substrate is combined with water at a moisture content of 75-95% and exposed to strong ferromagnetic and hydromechanical forces. These forces induce intensive particle collisions, reducing their size to below 15 μm , with more than 80-90% of particles reaching this range. Such treatment leads to structural disruption of the substrate and facilitates the release of humic acids. The process can be conducted both in the presence and absence of alkaline or oxidizing reagents.

The use of electromagnetic systems incorporating a vortex layer and ferromagnetic elements enhances reaction kinetics, increasing reaction rates by 1.5-2 times, while simultaneously decreasing reagent consumption and energy requirements by around 20%. During processing, the temperature is typically maintained within the range of 60-90°C. This method is effective for extracting humic acids (HA) and fulvic acids (FA) from a variety of sources, including peat, sapropel, compost, vermicompost, brown coal, and leonardite, achieving yields of up to 19 and 30.8 g/L, respectively. The advantages of this technique include the formation of nanoscale particles that prevent clogging of spray nozzles, relatively low energy consumption (approximately 9.5 kWh, with a specific energy demand of 1.9 kWh/m³), and the use of compact equipment that can be readily integrated into existing fertilizer production systems.

Hydromechanical, cavitation, and acoustic effects are effectively utilized in rotary pulsation devices and hydrodynamic cavitators [90–92]. Under physical treatment conditions, hydrodynamic and hydroacoustic forces enable the extraction of humic substances (HS) from raw materials without the use of chemical reagents. This approach enhanced the physiological activity of humic products while maintaining a neutral pH in the resulting HS solution. Consequently, reagent-free extraction methods allow the production of chemically pure and environmentally sustainable products. Typically, HS extraction is performed in stirred reactors under elevated temperature and pressure, accompanied by high flow velocities of the extractant around solid particles [93].

Despite the generally lower yields of reagent-free extraction of HS into water compared to conventional chemical methods, the obtained products, containing humic acids (HA) and fulvic acids (FA)-are of considerable interest due to preservation of water-soluble HS in their native, unmodified state. To improve the efficiency of reagent-free extraction, preliminary particle size reduction of the raw material is required. The application of hydromechanical and hydroacoustic methods is considered a promising approach, as treatment of humate-containing suspensions results in particle size reduction and structural modification of the material, thereby significantly facilitating the release of target compounds from the raw material matrix.

Application of Humic Substances in the Agro-Industrial Sector. Humic substances, particularly humic acids (HA), are extensively applied in agricultural and industrial practices due to their complex chemical structure, the presence of reactive functional groups, and their high functional efficiency [94]. They contribute to improved soil fertility by enhancing soil aggregation, structural stability, and porosity, thereby facilitating water infiltration, retaining nutrients, and promoting the chelation of micronutrients [4]. In addition, HA positively influences soil properties by increasing water-holding capacity, permeability, tolerance to salinity, cation exchange capacity, nutrient assimilation, and the availability of soluble phosphorus [95]. In addition, humic acids play a significant role in carbon sequestration processes by stimulating photosynthetic activity and increasing microbial diversity. They enhance cell membrane permeability, serve as an energy source for microbial respiration, reduce competition for nutrients, and support the proliferation of key soil microbial groups, including Acidobacteria, Actinobacteria, and Bacteroidetes [16]. HA is also actively in the remediation of soil contaminated with heavy metals and organic pollutants, decreasing their toxicity and bioavailability through mechanisms such as electrostatic adsorption, complex formation, ion exchange, reduction, hydrogen bonding, van der Waals interactions, charge transfer, and hydrophobic interactions [96].

Humic acids stimulate plant growth by regulating plasma membrane transport proteins, enhancing nutrient uptake and metabolic processes, and promoting root cell division and elongation. Their low-molecular-weight fractions exhibit hormone-like activity by influencing molecular signaling pathways [6]. The presence of oxygen-containing functional groups in HA increases plant resistance to diseases by inhibiting pathogenic microorganisms

due to their antimicrobial properties [95]. Furthermore, phenolic groups in HA act as antioxidants, scavenging free radicals and protecting plants from oxidative stress.

Under alkaline conditions, carboxyl groups demonstrate pronounced antioxidant and anti-inflammatory properties, whereas quinone structures facilitate plant recovery through the generation of reactive oxygen species (ROS) [2]. Aromatic components of humic acids (HA), characterized by O/C ratios of 0.2-0.4 and H/C ratios of 0.5-1, are associated with enhanced plant tolerance to stress factors, including diseases, and with the activation of defense mechanisms. Carbonyl C=O functionalities present in carboxyl, hydroxyl, and quinone groups contribute to the inhibition of pathogenic microorganisms [97].

The interdependence between chemical composition, physicochemical properties, molecular structure, and the physiological activity of humic acids, as well as their functional characteristics, has been extensively investigated in studies [25,44,98–104].

The physiological activity of HA is strongly influenced by their origin and the distribution of functional groups. Humic acids derived from natural carbonaceous materials typically exhibit higher molecular weight, lower carboxyl group (—COOH) content, and higher aromatic hydroxyl (Ar—OH) content. In contrast, soil-derived HA is characterized by a higher abundance of acidic functional groups, lower molecular weight, reduced aromaticity, lower C/N ratios, and increased —COOH content [18]. Functional groups such as phenolic hydroxyl, carboxyl, and carbonyl groups play a crucial role in interactions with clay minerals, metal ions, and hydrated oxides [105], thereby governing nutrient retention and release processes [96]. For instance, HA interacts with clay minerals through van der Waals forces, hydrogen bonding, electrostatic interactions, and cation bridging, leading to the formation of stable organo-mineral complexes that enhance soil aggregate stability [95].

Thus, the application of humic acids (HA) in agricultural systems enhances soil fertility and contributes to increased crop productivity [106].

Humic acids (HA) are characterized by amphiphilic, polymeric, and hydrophilic properties, along with pronounced complexation, ion-exchange, redox, and electron-transfer capacities, which arise from the presence of phenolic, hydroxyl, carboxyl, and quinone functional groups [107]. These characteristics largely determine the bioactivity of HA and their ecological functions in soil and aquatic systems, contributing to soil health and environmental stability [108]. Quinone groups are involved in the generation of reactive oxygen species (ROS), while phenolic and carboxylic groups tend to deprotonate under neutral and alkaline conditions, which underpins many of their agricultural applications. Phenolic and quinone groups act as key electron donation and acceptance, acting as active sites that regulate electron transfer processes in soil bioelectrochemical systems [109]. The hydrophilicity of HA, along with the presence of hydroxyl and carboxyl groups, promotes soil particle aggregation and enhances soil stability [4]. This, in turn, improves soil permeability and water-holding capacity [8]. Carboxyl and phenolic hydroxyl groups in humic acids (HA) are capable of forming complexes with metal ions, which modifies their activity and solubility, decreases their mobility and toxicity, and promotes the release of nutrients, ultimately enhancing soil fertility [2]. HA also exhibits ion-exchange capacity, whereby negatively charged surfaces exchange ions with cations, enhancing nutrient retention and soil fertility [95]. Moreover, the acidic functional groups of HA are able to dissociate hydrogen ions and interact with multivalent cations present on clay surfaces, leading to the formation of HA-metal-clay complexes [8]. These interactions improve key soil physical properties, such as water-holding capacity, aeration, infiltration, and porosity, thereby increasing the availability of essential mineral nutrients for plant growth [110]. Furthermore, oxygen-containing functional groups in HA stimulate the decomposition of organic matter, which enhances overall biological activity in the soil [6].

In addition to their agricultural applications, humic acids (HA) are widely used across

various industrial sectors (Figure 2). They are employed as additives for fluid loss control and as emulsifiers in water- and oil-based drilling fluids, contributing to viscosity reduction and gel strength regulation [111,112]. HA also functions as a liquefying agent, deflocculant, dispersant, and rheology modifier [113]. They are also incorporated into various formulations to adjust the structure and characteristics of gels, including those used in soaps and organoclay-based lubricants [112,113]. In construction-related applications, HA contributes to controlling the stability, density, and sedimentation behavior of concrete, and is also utilized in leather processing, woodworking industries. Additionally, they enhance the mechanical properties of cementitious and ceramic materials [111]. In the pulp and sector, humic acids are employed as coloring agents, durability enhancers, and protective additives that limit the infiltration of harmful substances into wastewater. They are particularly used in the production of dark-colored paper in combination with oils, waxes, and resins, and function as modifiers of hydrophobic agents and barrier coatings. Overall, HA serves as a black pigment, filler, functional modifier (in asphalt, oil, wax, resin-based systems), and as agents that reduce the penetration of non-aqueous liquids in specialty paper manufacturing [113].

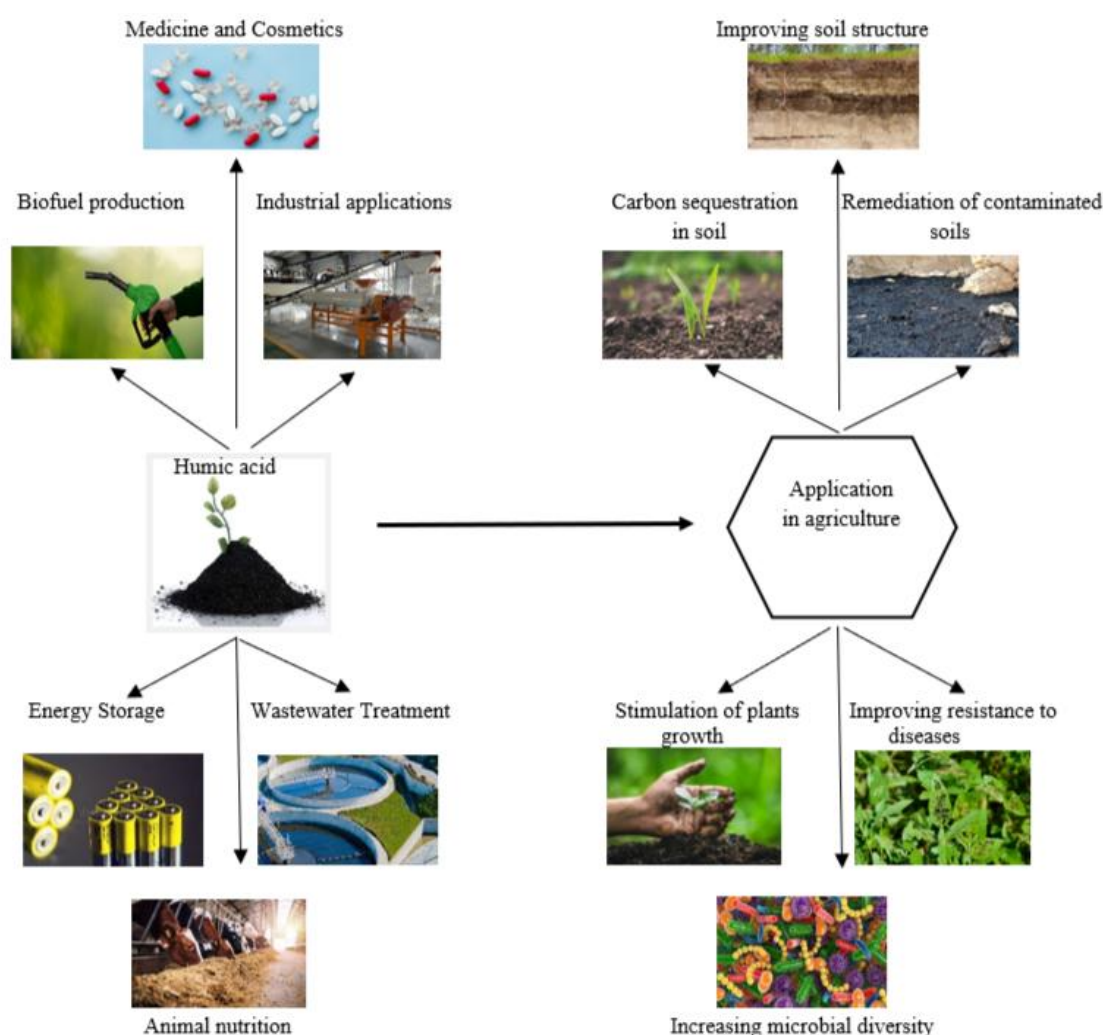


Figure 3 –Applications of humic acids (HA) in industry and agriculture

Humic acids (HA) have found broad application beyond traditional used, including roles in biofuel production (such as biohydrogen, bioethanol, biogas, and biodiesel) as catalytic agents [114–121], in environmental remediation and wastewater treatment [122,123], in advanced energy systems such as sodium/lithium-ion batteries and

supercapacitors [124–126], as well as in medical, healthcare, and cosmetic industries [127,128], and as feed additives in animal nutrition [129–133].

Within biofuel production, particularly in biomass pretreatment for bioethanol generation, HA functions as an effective surfactant, delignifying agent, and solvent. For example, the addition of 30 g/L of HA during wheat straw pretreatment increased lignin removal from 16.6% to 35.6%, which consequently enhanced enzymatic hydrolysis efficiency from 64.9% to 78.2% [114]. This improvement is mainly associated with the structural similarity between HA and lignin, both of which contain polar functional groups (e.g., hydroxyl, phenolic, and carboxyl groups) along with nonpolar aromatic structures. Under alkaline conditions, hydrogen bonding between HA and lignin promotes the formation of covalent linkages through esterification reactions [114]. Moreover, due to their surfactant and catalytic behavior, HA can simplify the bioethanol production process by improving filtration efficiency and reducing the need for conventional steps such as precipitation and centrifugation [121]. In anaerobic digestion processes for biogas generation, HA exhibits both stimulatory and inhibitory effects depending on the stage, including hydrolysis, acidogenesis, and methanogenesis. Their functionality is diverse, as they may act as surfactants, binding agents, terminal electron acceptors, electron shuttles, organic complexing agents, and pH regulators [117–119]. Moreover, HA indirectly affects anaerobic fermentation by modulating the bioavailability, transformation, and biological activity of external contaminants, including heavy metals, organohalogen compounds, microplastics, and antibiotics [116].

Humic acids (HA) are distinguished by their amphiphilic architecture, negatively charged surfaces, amorphous aliphatic domains, and pronounced redox properties, which collectively enable them to function as effective electron shuttles, facilitating electron transfer from microorganisms to oxidized organic contaminants and metal ions [123]. This property underlies their potential application in the remediation of contaminated soil and water systems using HA.

Recent studies indicate that humic acids have significant commercial value and considerable potential for application across various industrial sectors. However, the natural formation of HA is a slow process, resulting in structural heterogeneity and compositional variability, which limits their broader utilization. The content of HA extracted from different natural carbonaceous materials is limited and strongly dependent on the geographical origin of the raw material, making it insufficient to meet the growing global demand. Furthermore, natural carbonaceous resources used for HA production are non-renewable, and their reserves are gradually declining, while high-quality sources are becoming increasingly difficult to access. Therefore, the development of novel methods for the synthetic production of HA with high yield and efficiency remains a critical challenge for researchers.

Conclusion. In conclusion, humic substances (HS), including humic acids, fulvic acids, and humin, represent multifunctional natural compounds with significant potential for application in modern agriculture. Their involvement in the regulation of soil and biological processes, as well as their ability to act as plant growth biostimulants, underpins their importance in enhancing agroecosystem productivity. Numerous studies demonstrate that the application of humic-based products improves nutrient uptake, stimulates root system development, and increases plant resistance to both abiotic and biotic stresses. In addition, humic substances exert a complex positive effect on soil properties, including the improvement of soil structure, enhancement of microbial activity, and increased bioavailability of macro- and micronutrients. However, despite the substantial body of accumulated research, the full potential of humic substances remains unrealized. Their practical application is still limited due to the high variability in composition depending on raw materials and extraction methods, the lack of standardized quality criteria, and insufficient reproducibility of results. A major scientific challenge remains the absence of a

unified concept describing the molecular organization of humic substances, which are currently regarded as dynamic supramolecular systems. Another limitation is the insufficient understanding of their mechanisms of action at the molecular and cellular levels. In particular, deeper insights are required into their effects on plant signaling pathways, hormone-like activity, and nutrient transport processes. In the context of global environmental challenges, including soil degradation and climate change, humic substances are gaining increasing importance as a key component of sustainable and low-carbon agricultural technologies. Their ability to participate in the stabilization of soil organic carbon and to enhance resource-use efficiency makes them a promising tool for the transition toward environmentally sustainable agricultural production.

Future research should therefore focus on the standardization of humic products, the development of advanced methods for their molecular characterization, and the design of scientifically grounded and technologically efficient approaches for their application. Thus, humic substances possess substantial potential for integration into modern agrotechnologies; however, their realization requires a comprehensive interdisciplinary approach aimed at overcoming existing scientific and practical limitations.

Acknowledgment. The research was carried out under the Program-targeted financing of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan for 2024-2026, BR24993105 «Creation of a Biotechnological R&D Center for the Development and Commercialization of Agricultural Products and Technologies».

References:

- [1] **Coban, O.**, de Deyn G. B., van der Ploeg M. Soil microbiota as game-changers in restoration of degraded lands // *Science*. 2022. V. 375, No. 6584. <https://doi.org/10.1126/science.abe0725>
- [2] **Yang, F.** et al. Anthropogenic soil as an environmental material, as exemplified with improved growth of rice seedlings // *Carbon Research*. 2024. V. 3, No. 1. <https://doi.org/10.1007/s44246-024-00127-y>
- [3] **Richter, D. D.** Searching for solutions to our soil woes *A World Without Soil: The Past, Present, and Precarious Future of the Earth Beneath Our Feet* Jo Handelsman Yale University Press, 2021. 272 pp. // *Science*. 2021. V. 374, No. 6574. <https://doi.org/10.1126/science.abm4765>
- [4] **Yang, F.**, Tang C., Antonietti M. Natural and artificial humic substances to manage minerals, ions, water, and soil microorganisms // *Chemical Society Reviews*. 2021. V. 50, No. 10. <https://doi.org/10.1039/D0CS01363C>
- [5] **Hartmann, M.**, Six J. Soil structure and microbiome functions in agroecosystems // *Nature Reviews Earth and Environment*. 2023. V. 4, No. 1. <https://doi.org/10.1038/s43017-022-00366-w>
- [6] **Yang, F.**, Fu Q., Antonietti M. Anthropogenic, Carbon-Reinforced Soil as a Living Engineered Material // *Chemical Reviews*. 2023. V. 123, No. 5. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.2c00399>
- [7] **Sarlaki, E.** et al. Valorizing lignite waste into engineered nitro-humic fertilizer: Advancing resource efficiency in the era of a circular economy // *Sustainable Chemistry and Pharmacy*. 2023. V. 36. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2023.101283>
- [8] **Zhang, Z.** et al. Selective Modifier-Assisted Humic Acid Extraction: Implications for Soil Quality Enhancement // *Environmental Science and Technology*. 2024. V. 58, No. 22. <https://doi.org/10.1021/acs.est.3c10713>
- [9] **Zhang, N.**, Wang M., Wang N. Precision agriculture - A worldwide overview // *Computers and Electronics in Agriculture*. 2002. V. 36, No. 2–3. [https://doi.org/10.1016/S0168-1699\(02\)00096-0](https://doi.org/10.1016/S0168-1699(02)00096-0)
- [10] **Kassam, A.**, Derpsch R., Friedrich T. Global achievements in soil and water conservation: The case of Conservation Agriculture // *International Soil and Water Conservation Research*. 2014. V. 2, No. 1. [https://doi.org/10.1016/S2095-6339\(15\)30009-5](https://doi.org/10.1016/S2095-6339(15)30009-5)

- [11] **Hu, Z.T.** et al. Humic Substances Derived From Biomass Waste During Aerobic Composting and Hydrothermal Treatment: A Review // *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2022. V. 10. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.878686>
- [12] **Lanno, M.** et al. Properties of Humic Substances in Composts Comprised of Different Organic Source Material // *Agriculture (Switzerland)*. 2022. V. 12, No. 11. <https://www.mdpi.com/2077-0472/12/11/1797#>
- [13] **Kulikova, Y.** et al. Aqueous Phase from Hydrothermal Liquefaction: Composition and Toxicity Assessment // *Water (Switzerland)*. 2023. V. 15, No. 9. <https://doi.org/10.3390/w15091681>
- [14] **Akaichi, A.** et al. Effects of humic acid and organic acids supplements on performance, meat quality, leukocyte count, and histopathological changes in spleen and liver of broiler chickens // *Research in Veterinary Science*. 2022. V. 150. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2022.07.001>
- [15] **Shevchenko, S.M.**, Bailey G.W. Life after death: Lignin-humic relationships reexamined // *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. 1996. V. 26, No. 2. <https://doi.org/10.1080/10643389609388488>
- [16] **Lee J. G.** et al. Artificial humification of lignin architecture: Top-down and bottom-up approaches // *Biotechnology Advances*. 2019. V. 37, No. 8. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2019.107416>
- [17] **Jeong, H. J.** et al. Effects of Microbes from Coal-Related Commercial Humic Substances on Hydroponic Crop Cultivation: A Microbiological View for Agronomical Use of Humic Substances // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2021. V. 69, No. 2. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c05474>
- [18] **De Melo, B. A. G.**, Motta F. L., Santana M. H. A. Humic acids: Structural properties and multiple functionalities for novel technological developments // *Materials Science and Engineering C*. 2016. V. 62. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2015.12.001>
- [19] **Ore, O. T.** et al. Humic substances derived from unconventional resources: extraction, properties, environmental impacts, and prospects // *Environmental Science and Pollution Research*. 2023. V. 30, No. 21. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-26809-5>
- [20] **Schwarzer, S.**, Schmidt H. P. Humus enrichment of soils: The many ways of regenerative agriculture // *3 Degrees More: The Impending Hot Season and How Nature Can Help Us Prevent It*. 2024.
- [21] **Kleber, M.**, Lehmann J. Humic Substances Extracted by Alkali Are Invalid Proxies for the Dynamics and Functions of Organic Matter in Terrestrial and Aquatic Ecosystems // *Journal of Environmental Quality*. 2019. V. 48, No. 2. <https://doi.org/10.2134/jeq2019.01.0036>
- [22] **Yang, F.** et al. A hydrothermal process to turn waste biomass into artificial fulvic and humic acids for soil remediation // *Science of the Total Environment*. 2019. V. 686. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.045>
- [23] **Nardi, S.** et al. Physiological effects of humic substances on higher plants // *Soil Biology and Biochemistry*. 2002. V. 34, No. 11. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(02\)00174-8](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(02)00174-8)
- [24] **Rose, M. T.** et al. A meta-analysis and review of plant-growth response to humic substances: Practical implications for agriculture // *Advances in Agronomy*. 2014. V. 124. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800138-7.00002-4>
- [25] **Jung, H.** et al. Which traits of humic substances are investigated to improve their agronomical value? // *Molecules*. 2021. V. 26, No. 3. <https://doi.org/10.3390/molecules26030760>
- [26] **Feller, C.** et al. Soil fertility concepts over the past two centuries: The importance attributed to soil organic matter in developed and developing countries // *Archives of Agronomy and Soil Science*. 2012. V. 58, No. SUPPL. <https://doi.org/10.1080/03650340.2012.693598>
- [27] **Cimrin, K. M.**, Yilmaz I. Humic acid applications to lettuce do not improve yield but do improve phosphorus availability // *Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science*. 2005. V. 55, No. 1. <https://doi.org/10.1080/09064710510008559>
- [28] **Yoon, H. Y.** et al. Synergistic Release of Crop Nutrients and Stimulants from Hydroxyapatite Nanoparticles Functionalized with Humic Substances: Toward a Multifunctional Nanofertilizer // *ACS Omega*. 2020. V. 5, No. 12. <https://dx.doi.org/10.1021/acsomega.9b04354?ref=pdf>
- [29] **Piccolo, A.**, Pietramellara G., Mbagwu J. S. C. Use of humic substances as soil conditioners to increase aggregate stability // *Geoderma*. 1997. V. 75, No. 3–4.

[https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(96\)00092-4](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(96)00092-4)

[30] **Kulikova, N. A.** et al. Label Distribution in Tissues of Wheat Seedlings Cultivated with Tritium-Labeled Leonardite Humic Acid // *Scientific Reports*. 2016. V. 6. DOI: 10.1038/srep28869

[31] **Khaleda, L.** et al. Humic acid confers HIGH-AFFINITY K⁺ TRANSPORTER 1-mediated salinity stress tolerance in arabidopsis // *Molecules and Cells*. 2017. V. 40, No. 12. <https://doi.org/10.14348/molcells.2017.0229>

[32] **Chen, Y.** et al. Combined effects of humic substances and clay minerals on U(VI) bioreduction // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 2022. V. 338. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2022.10.026>

[33] **Zhilin, D. M.**, Schmitt-Kopplin P., Perminova I. V. Reduction of Cr(VI) by peat and coal humic substances // *Environmental Chemistry Letters*. 2004. V. 2, No. 3. <https://doi.org/10.1007/s10311-004-0085-4>

[34] **Shah, Z. H.** et al. Humic substances: Determining potential molecular regulatory processes in plants // *Frontiers in Plant Science*. 2018. V. 9. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00263>

[35] **Trevisan, S.** et al. Humic substances biological activity at the plant-soil interface // *Plant Signaling & Behavior*. 2010. V. 5, No. 6. <https://doi.org/10.4161/psb.5.6.11211>

[36] **Nardi, S.**, Ertani A., Francioso O. Soil-root cross-talking: The role of humic substances // *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 2017. V. 180, No. 1. <https://doi.org/10.1002/jpln.201600348>

[37] **Chen, C.** et al. Turf soil enhances treatment efficiency and performance of phenolic wastewater in an up-flow anaerobic sludge blanket reactor // *Chemosphere*. 2018. V. 204. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.04.040>

[38] **Bento, L. R.** et al. Humic extracts of hydrochar and Amazonian Dark Earth: Molecular characteristics and effects on maize seed germination // *Science of the Total Environment*. 2020. V. 708. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135000>

[39] **Cha, J. Y.** et al. Fungal Laccase-Catalyzed Oxidation of Naturally Occurring Phenols for Enhanced Germination and Salt Tolerance of Arabidopsis thaliana: A Green Route for Synthesizing Humic-like Fertilizers // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2017. V. 65, No. 6. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b04700>

[40] **Tang, Y.** et al. Activation of Humic Acid in Lignite Using Molybdate-Phosphorus Hierarchical Hollow Nanosphere Catalyst Oxidation: Molecular Characterization and Rice Seed Germination-Promoting Performances // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2020. V. 68, No. 47. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c04729>

[41] **Muscolo, A.**, Panuccio M. R., Sidari M. The effect of phenols on respiratory enzymes in seed germination // *Plant Growth Regulation*. 2001. V. 35, No. 1. <https://doi.org/10.1023/A:1013897321852>

[42] **Canellas, L. P.** et al. Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H⁺-ATPase activity in maize roots // *Plant Physiology*. 2002. V. 130, No. 4. <https://doi.org/10.1104/pp.007088>

[43] **Zandonadi, D. B.** et al. Nitric oxide mediates humic acids-induced root development and plasma membrane H⁺-ATPase activation // *Planta*. 2010. V. 231, No. 5. <https://doi.org/10.1007/s00425-010-1106-0>

[44] **García, A. C.** et al. Structure-Property-Function Relationship in Humic Substances to Explain the Biological Activity in Plants // *Scientific Reports*. 2016. V. 6. <https://doi.org/10.1038/srep20798>

[45] **Savy, D.** et al. Water-soluble lignins from different bioenergy crops stimulate the early development of maize (*Zea mays*, L.) // *Molecules*. 2015. V. 20, No. 11. <https://doi.org/10.3390/molecules201119671>

[46] **Nunes, R. O.** et al. Evaluation of the effects of humic acids on maize root architecture by label-free proteomics analysis // *Scientific Reports*. 2019. V. 9, No. 1. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-48509-2>

[47] **Shahabivand, S.** et al. Plant biostimulants (*Funneliformis mosseae* and humic substances) rather than chemical fertilizer improved biochemical responses in peppermint // *Iranian Journal of Plant Physiology*. 2018. V. 8, No. 2. <https://doi.org/10.22034/ijpp.2018.539109>

[48] **Sarlaki, E.** et al. Advances and challenges in humic acid production technologies from

- natural carbonaceous material wastes // *Chemical Engineering Journal*. 2024. V. 498. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2024.155521>
- [49] **Wu, D.**, Lu J., Ma L. Effect of dilute acid on fulvic acid extracted from lignite // *International Journal of Coal Preparation and Utilization*. 2025. V. 45, No. 2. <https://doi.org/10.1080/19392699.2024.2339326>
- [50] **Li, Y.**, Yuan S. Influence of addition of KOH on the yield and characteristics of humic acids extracted from lignite using NaOH // *SN Applied Sciences*. 2021. V. 3, No. 1. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-04087-x>
- [51] **Baigorri, R.** et al. Complementary multianalytical approach to study the distinctive structural features of the main humic fractions in solution: Gray humic acid, brown humic acid, and fulvic acid // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2009. V. 57, No. 8. <https://doi.org/10.1021/jf8035353>
- [52] **Alvarez-Puebla, R. A.**, Goulet P. J. G., Garrido J. J. Characterization of the porous structure of different humic fractions // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2005. V. 256, No. 2–3. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2004.12.062>
- [53] **Kholodov, V. A.** et al. Preparative yield and properties of humic acids obtained by sequential alkaline extractions // *Eurasian Soil Science*. 2015. V. 48, No. 10. <https://doi.org/10.1134/S1064229315100051>
- [54] **Skripkina, T.** et al. Concentrating rare earth elements in brown coal humic acids by mechanochemical treatment // *RSC Advances*. 2021. V. 11, No. 57. <https://doi.org/10.1039/D1RA07228E>
- [55] **Ivanov, A. A.**, Judina N. V., Lomovskij O. I. Osobennosti sostava i svojstv guminovykh kislot torfov pri mehanohimicheskoy obrabotke. p. 73–77.
- [56] **Tang, Y.** et al. Multifunctional Slow-Release Fertilizer Prepared from Lignite Activated by a 3D-Molybdate-Sulfur Hierarchical Hollow Nanosphere Catalyst // *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*. 2019. V. 7, No. 12. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.9b01092>
- [57] **An, T.** et al. TiO₂-WO₃ activated weathered lignite coating phosphate fertilizer to improve longitudinal migration efficiency // *Journal of Cleaner Production*. 2022. V. 351. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131549>
- [58] **Song, M.** et al. Conversion of Weathered Coal into High Value-Added Humic Acid by Magnetically Recoverable Fe₃O₄/LaNiO₃ Nanocatalysts under Solid-Phase Grinding Conditions // *Catalysts*. 2022. V. 12, No. 4. <https://doi.org/10.3390/catal12040392>
- [59] **Sun, Q.** et al. Extraction and characterization of humic acid with high bio-activity by mechanical catalytic treatment // *Industrial Crops and Products*. 2023. V. 206. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.117623>
- [60] **Ghaslani, M.** et al. Lime-assisted hydrothermal humification and carbonization of sugar beet pulp: Unveiling the yield, quality, and phytotoxicity of products // *Biofuel Research Journal*. 2024. V. 11, No. 1. <https://doi.org/10.18331/BRJ2024.11.1.4>
- [61] **Sarlaki, E.** et al. Oxidation-alkaline-enhanced abiotic humification valorizes lignin-rich biogas digestate into artificial humic acids // *Journal of Cleaner Production*. 2024. V. 435. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140409>
- [62] **Zhang, B.** et al. Hydrothermal Treatment of Biomass Feedstocks for Sustainable Production of Chemicals, Fuels, and Materials: Progress and Perspectives // *Chemical Reviews*. 2023. V. 123, No. 11. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.2c00673>
- [63] **Zhi, Y.** et al. A review of hydrothermal carbonization of municipal sludge: Process conditions, physicochemical properties, methods coupling, energy balances and life cycle analyses // *Fuel Processing Technology*. 2024. V. 254 <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2023.107943>
- [64] **Liu, P.** et al. Structural evolution of Xianfeng lignite during hydrothermal treatment // *Ranliao Huaxue Xuebao/Journal of Fuel Chemistry and Technology*. 2016. V. 44, No. 2. <https://www.sciengine.com/doi/pdf/94E111B1D95547868EC77F7E063EABD2?ipInfo=null>
- [65] **Marzban, N.** et al. Maximizing the value of liquid products and minimizing carbon loss in hydrothermal processing of biomass: an evolution from carbonization to humification // *Biochar*. 2024. V. 6, No. 1. <https://dx.doi.org/10.1007/s42773-024-00334-1>
- [66] **Cheng, G.** et al. Extraction of humic acid from lignite by KOH-hydrothermal method // *Applied Sciences (Switzerland)*. 2019. V. 9, No. 7. <https://doi.org/10.3390/app9071356>

- [67] **Wershaw, R. L.** Evaluation of Conceptual Models of Natural Organic Matter (Humus) From a Consideration of the Chemical and Biochemical Processes of Humification // Scientific Investigations Report. 2004. V. 5121. <https://doi.org/10.3133/SIR20045121>
- [68] **Rehman, M. Z.** et al. Bioconversion and quantification of humic substances from low rank coals using indigenous fungal isolates // Journal of Cleaner Production. 2022. V. 376. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134102>
- [69] **Li, S.** et al. Extraction optimization and quality evaluation of humic acids from lignite using the cell-free filtrate of: *Penicillium ortum* MJ51 // RSC Advances. 2021. V. 12, No. 1. <https://doi.org/10.1039/D1RA08019A>
- [70] **Sekhohola, L. M., Cowan A. K.** Biological conversion of low-grade coal discard to a humic substance-enriched soil-like material // International Journal of Coal Science and Technology. 2017. V. 4, No. 2. <https://doi.org/10.1007/s40789-017-0167-0>
- [71] **Liu, C.** et al. Biodegradation of organic compounds in the coal gangue by *Bacillus* sp. into humic acid // Biodegradation. 2023. V. 34, No. 2. <https://doi.org/10.1007/s10532-022-10007-0>
- [72] **Akimbekov, N.** et al. Lignite biosolubilization and bioconversion by *Bacillus* sp.: the collation of analytical data // Biofuels. 2021. V. 12, No. 3. <https://doi.org/10.1080/17597269.2020.1753936>
- [73] **Sabar, M. A.** et al. Evaluation of humic acids produced from Pakistani subbituminous coal by chemical and fungal treatments // Fuel. 2020. V. 278. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.118301>
- [74] **Dong, L. H., Yuan Q., Yuan H. L.** Changes of chemical properties of humic acids from crude and fungal transformed lignite // Fuel. 2006. V. 85, No. 17–18. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2006.05.027>
- [75] **Tong, Q.** et al. The effect of surfactant on biosolubilization of weathered coal // Environmental Progress and Sustainable Energy. 2024. V. 43, No. 4. <https://doi.org/10.1002/ep.14378>
- [76] **Ghani, M. J.** et al. Characterization of humic acids produced from fungal liquefaction of low-grade Thar coal // Process Biochemistry. 2021. V. 107. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2021.05.003>
- [77] **Javed, S., Kohli K., Ali M.** Microwave-Assisted Extraction of Fulvic Acid from a Solid Dosage Form: A Statistical Approach // Journal of Pharmaceutical Innovation. 2013. V. 8, No. 3. <https://doi.org/10.1007/s12247-013-9157-y>
- [78] **Promptov, M.** et al. Intensification of humic acid extraction by pulse flow of vermicompost and sapropel slurries // Chemical Engineering Research and Design. 2016. V. 108. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2016.03.013>
- [79] **Marecka, K. M.** et al. Application of microwave-assisted extraction for the intensification of humic acid isolation from peat // Chemical and Process Engineering: New Frontiers. 2023. V. 44, No. 3. <https://doi.org/10.24425/cpe.2023.146735>
- [80] **Omarov, B. T.** et al. Changes in the Physicochemical Characteristics of Humic Acids in a Hydrodynamic Rotor-Pulsation Apparatus // Eurasian Chemico-Technological Journal. 2023. V. 25, No. 4. <https://doi.org/10.18321/ectj1544>
- [81] **Nieweś, D.** et al. Ultrasound-Assisted Extraction of Humic Substances from Peat: Assessment of Process Efficiency and Products' Quality // Molecules. 2022. V. 27, No. 11. <https://doi.org/10.3390/molecules27113413>
- [82] **Zhang, Y.** et al. Synergistic Extraction and Characterization of Fulvic Acid by Microwave and Hydrogen Peroxide-Glacial Acetic Acid to Oxidize Low-Rank Lignite // ACS Omega. 2020. V. 5, No. 12. <https://doi.org/10.1021/acsomega.9b03796>
- [83] **Aftab, K.** et al. Process optimization and method validation for efficient valorization of low-grade coal into humic substances // Fuel. 2024. V. 369. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2024.131796>
- [84] **Malyushevskaya, A.** et al. Eco-Friendly Principles on the Extraction of Humic Acids Intensification from Biosubstrates // Journal of Ecological Engineering. 2023. V. 24, No. 2. <http://dx.doi.org/10.12911/22998993/156867>
- [85] **Nieweś, D.** Modelling of Humic Acids Extraction Process Assisted by Low-Intensity Ultrasound with the Use of Three-Level Fractional Factorial Design // Korean Journal of Chemical Engineering. 2024. V. 41, No. 3. <https://doi.org/10.1007/s11814-024-00079-4>

- [86] **Al-Akbari, R.**, Manasrah A. D., Nassar N. N. Production of humic and fulvic acid analogs through the ultrasonication of low-rank lignite coals // *Reaction Chemistry and Engineering*. 2023. V. 9, No. 3. <https://doi.org/10.1039/D3RE00422H>
- [87] **Denisjuk, E. A.**, Mitrofanov R. A., Kuznecova I. A. Tehnologii poluchenija guminovyh veshhestv // *Vestnik NGIJeI.* – 2014. – No.. 2 (33). – S. 66-80. // *Developing Employability for Business*. 2014. S. 66–80. <https://doi.org/10.51580/2021-1/2710-1185.35>
- [88] **Bai, R.** et al. Research Progress on Electro-Chemical Oxidation of Low-Rank Coal to Humic Acid // *Southern Energy Construction*. 2022. V. 9, No. 3. <https://dx.doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2022.03.017>
- [89] **Lalvani, S.**, Pata M., Coughlin R. W. Electrochemical oxidation of lignite in basic media // *Fuel*. 1986. V. 65, No. 1. [https://doi.org/10.1016/0016-2361\(86\)90152-3](https://doi.org/10.1016/0016-2361(86)90152-3)
- [90] **Dudkin, D. V.**, Zmanovskaya, A. S. Formation of Humic Acids under Cavitation Impact on Peat in Aqueous Alkaline Media. 2014. V. 22. C. 119–121.
- [91] **Wei, L.** et al. Application of ultra-sonication, acid precipitation and membrane filtration for co-recovery of protein and humic acid from sewage sludge // *Frontiers of Environmental Science and Engineering*. 2016. V. 10, No. 2. C. 327–335. <https://doi.org/10.1007/s11783-014-0763-9>
- [92] **Andreev, A.V.** et al. Ul'trazvukovaja tehnologija poluchenija gumatov // *Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten' (nauchno-tehnicheskij zhurnal)*. – 2016. – No.. S38. – S. 53-56.
- [93] **Rocha, J. C.**, Rosa A. H., Furlan M. An alternative methodology for the extraction of humic substances from organic soils // *Journal of the Brazilian Chemical Society*. 1998. V. 9, No. 1. <https://doi.org/10.1590/S0103-50531998000100010>
- [94] **Vioratti, Telles de Moura O.** et al. Humic foliar application as sustainable technology for improving the growth, yield, and abiotic stress protection of agricultural crops. A review // *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 2023. V. 22, No. 8. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2023.05.001>
- [95] **Jin, Y.** et al. Effect of humic substances on nitrogen cycling in soil-plant ecosystems: Advances, issues, and future perspectives // *Journal of Environmental Management*. 2024. V. 351. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119738>
- [96] **Yuan, Y.** et al. Contribution of exogenous humic substances to phosphorus availability in soil-plant ecosystem: A review // *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. 2023. V. 53, No. 10. <https://doi.org/10.1080/10643389.2022.2120317>
- [97] **Chu, H.** et al. Exolaccase-boosted humification for agricultural applications // *iScience*. 2022. V. 25, No. 9. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2022.104885>
- [98] **Akimbekov, N.S.** et al. Low-rank coal as a source of humic substances for soil amendment and fertility management // *Agriculture (Switzerland)*. 2021. V. 11, No. 12. <https://doi.org/10.3390/agriculture11121261>
- [99] **Olivares, F.L.** et al. Plant growth promoting bacteria and humic substances: crop promotion and mechanisms of action // *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*. 2017. V. 4, No. 1. <https://doi.org/10.1186/s40538-017-0112-x>
- [100] **Canellas, L. P.**, Olivares F. L. Physiological responses to humic substances as plant growth promoter // *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*. 2014. V. 1, No. 1. <https://doi.org/10.1186/2196-5641-1-3>
- [101] **Verrillo, M.** et al. Antibacterial and antioxidant properties of humic substances from composted agricultural biomasses // *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*. 2022. V. 9, No. 1. <https://doi.org/10.1186/s40538-024-00608-7>
- [102] **Meng, F.** et al. The beneficial applications of humic substances in agriculture and soil environments // *New Trends in Removal of Heavy Metals from Industrial Wastewater*. 2021. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822965-1.00007-6>
- [103] **Ampong, K.**, Thilakaranthna M. S., Gorim L. Y. Understanding the Role of Humic Acids on Crop Performance and Soil Health // *Frontiers in Agronomy*. 2022. V. 4. <https://doi.org/10.3389/fagro.2022.848621>
- [104] **Lamar, R. T.** et al. Investigation into the role of carboxylic acid and phenolic hydroxyl groups in the plant biostimulant activity of a humic acid purified from an oxidized sub-bituminous coal // *Frontiers in Plant Science*. 2024. V. 15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1328006>
- [105] **Pukalchik, M.** et al. Outlining the potential role of Humic products in modifying

biological properties of the Soil-A review // *Frontiers in Environmental Science*. 2019. V. 7, No. JUN. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00080>

[106] **Lan, Y.** et al. Application of typical artificial carbon materials from biomass in environmental remediation and improvement: A review // *Journal of Environmental Management*. 2021. V. 296. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113340>

[107] **García, A. C.** et al. Structure–Property–Function Relationship of Humic Substances in Modulating the Root Growth of Plants: A Review // *Journal of Environmental Quality*. 2019. V. 48, No. 6. <https://doi.org/10.2134/jeq2019.01.0027>

[108] **Olk, D. C.** et al. Humic products in agriculture: potential benefits and research challenges—a review // *Journal of Soils and Sediments*. 2018 V. 18, No. 8. <https://doi.org/10.1007/s11368-018-1916-4>

[109] **Gao, X.** et al. Diversity in mechanisms of natural humic acid enhanced current production in soil bioelectrochemical systems // *Bioresource Technology*. 2024. V. 406. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2024.131057>

[110] **Sun, K.** et al. Artificially regulated humification in creating humic-like biostimulators // *npj Clean Water*. 2024. V. 7, No. 1. <https://doi.org/10.1038/s41545-024-00344-3>

[111] **Sun, Z.,** Tang B., Xie H. Sun Z., Tang B., Xie H. Treatment of waste gases by humic acid // *Energy & Fuels*. – 2015. – V. 29. – No. 3. – C. 1269-1278. <https://doi.org/10.1021/ef502299k>

[112] **Bian, H.** et al. Transforming Organic Solid Waste Management: Embracing Humification for Sustainable Resource Recovery // *ACS Sustainable Resource Management*. 2025. V. 1, No. 2. <https://doi.org/10.1021/acssusresmgmt.3c00080>

[113] **De, Souza F.,** Bragança S. R. Extraction and characterization of humic acid from coal for the application as dispersant of ceramic powders // *Journal of Materials Research and Technology*. 2018. V. 7, No. 3. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2017.08.008>

[114] **Tang, W. et al.** Humic acid-assisted autohydrolysis of waste wheat straw to sustainably improve enzymatic hydrolysis // *Bioresource Technology*. 2020. V. 306. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123103>

[115] **Tian, K.** et al. Revealing the roles of carbonized humic acid in biohydrogen production // *Bioresource Technology*. 2023. V. 386. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.129506>

[116] **Long, S.** et al. Multiple roles of humic substances in anaerobic digestion systems: A review // *Journal of Cleaner Production*. 2023. V. 418. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138066>

[117] **He, Z. W.** et al. Recent advances and perspectives in roles of humic acid in anaerobic digestion of waste activated sludge // *Chemical Engineering Journal*. 2023. V. 466. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.143081>

[118] **Zhao, C.** et al. Humic acids promotion or inhibition of sludge anaerobic digestion depends on their redox potentials // *Chemical Engineering Journal*. 2023. V. 464. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.142653>

[119] **Zhu, R.** et al. Insights into the roles of humic acids in facilitating the anaerobic digestion process // *Waste Management*. 2023. V. 168. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2023.05.050>

[120] **Tang, W.** et al. Insight into the Mechanism of Humic Acid's Dissolution Capacity for Lignin in the Biomass Substrates // *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*. 2022. V. 10, No. 44. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.2c05471>

[121] **Uma, Maheswari R.** et al. Synergistic effect of humic acid on alkali pretreatment of sugarcane bagasse for the recovery of lignin with phenomenal properties // *Biomass and Bioenergy*. 2020. V. 134. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2020.105486>

[122] **Yang, F.,** Antonietti M. Artificial Humic Acids: Sustainable Materials against Climate Change // *Advanced Science*. 2020. V. 7, No. 5. <https://doi.org/10.1002/advs.201902992>

[123] **Xu, P.** et al. The broad application and mechanism of humic acids for treating environmental pollutants: Insights from bibliometric analysis // *Journal of Cleaner Production*. 2022. V. 337. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130510>

[124] **Huang, G.** et al. Oxygen-rich and hierarchical porous carbons prepared from coal based humic acid for supercapacitor electrodes // *Fuel Processing Technology*. 2016. V. 142. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2015.09.025>

[125] **Vitale, P.,** Bavio M. A. Humic Acids: A Material from Renewable Sources with the Potential for Making Supercapacitors // *Advanced Sustainable Systems*. 2024. V. 8, No. 8.

<https://doi.org/10.1002/adsu.202300642>

[126] **Zhang, R.** et al. Oxygen-rich microporous carbon derived from humic acid extracted from lignite for high-performance supercapacitors // *Fuel*. 2024. V. 364. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2024.131062>

[127] **Socol, D. C.** Clinical review of humic acid as an antiviral: Leadup to translational applications in clinical humeomics // *Frontiers in Pharmacology*. 2023. V. 13. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.1018904>

[128] **Hriciková, S.** et al. Humic Substances as a Versatile Intermediary // *Life*. 2023. V. 13, No. 4. <https://doi.org/10.3390/life13040858>

[129] **El-Zaiat, H. M.** et al. Impact of humic acid as an organic additive on ruminal fermentation constituents, blood parameters and milk production in goats and their kids growth rate // *Journal of Animal and Feed Sciences*. 2018. V. 27, No. 2. <https://doi.org/10.22358/jafs/92074/2018>

[130] **Hassan, A. A.** et al. Humic substances isolated from clay soil may improve the ruminal fermentation, milk yield, and fatty acid profile: A novel approach in dairy cows // *Animal Feed Science and Technology*. 2020. V. 268. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114601>

[131] **de Lourdes Angeles, M.,** Gómez-Rosales S., Téllez-Isaias G. Mechanisms of Action of Humic Substances as Growth Promoters in Animals // *Humus and Humic Substances - Recent Advances*. 2022. <https://doi.org/10.5772/intechopen.105956>

[132] **Marcinčák, S.** et al. Humic Substances as a Feed Supplement and the Benefits of Produced Chicken Meat // *Life*. 2023. V. 13, No. 4. <https://doi.org/10.3390/life13040927>

[133] **Sheng, P.** et al. Humic substances reduce ruminal methane production and increase the efficiency of microbial protein synthesis in vitro // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2019. V. 99, No. 5. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9407>

ГУМИНДІ ЗАТТАРДЫҢ АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫНДАҒЫ ҚОЛДАНЫЛУЫ: ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ҚАУІПСІЗДІК ЖӘНЕ ҚОЛДАНУ ТИІМДІЛІГІ – ШОЛУ

Ерекешова Г.А.¹, 8D052018 «Биоэкологиялық инженерия» білім беру бағдарламасының 2-курс докторанты

Кабдрахманова С.К.¹, техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор

Кабдрахманова А.К.^{1,2,3}, PhD, аға ғылыми қызметкер

Шаймардан Е.^{1,2,4}, PhD, аға ғылыми қызметкер

Бейсебеков М.М.², PhD, аға ғылыми қызметкер

¹*Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университеті, Алматы қ., Қазақстан*

²*ЖШС «Композитті материалдар ғылыми орталығы», Алматы қ., Қазақстан*

³*«TrueScience» ғылыми зерттеу институты, Алматы қ., Қазақстан*

⁴*ЖШС «SciCom», Астана қ., Қазақстан*

Андатпа. Гуминді заттар (ГЗ) топырақтың органикалық затының маңызды құрамдас бөлігі болып табылады және тұрақты ауыл шаруашылығында қолданылатын экологиялық қауіпсіз биопрепараттарды әзірлеудің перспективалы негізі ретінде қарастырылады. Топырақтың жаһандық деградациясы және агроэкожүйелердің өнімділігін арттыру қажеттілігінің артуы жағдайында топырақ құнарлылығын жақсартуға және өсімдіктердің өсуін ынталандыруға қабілетті табиғи қосылыстарға қызығушылық артып келеді. Осы шолуда гуминді заттардың шығу тегі, құрылымы, физико-химиялық қасиеттері және биологиялық белсенділігі туралы заманауи ғылыми деректер жинақталып, сондай-ақ олардың топырақ экожүйелерінің қызметіндегі рөлі қарастырылған. Гуминді заттардың органикалық қалдықтардың гумификациясы процесінде түзілетіні және әртүрлі функционалдық топтарды қамтитын күрделі молекулалық құрылымымен сипатталатыны, бұл олардың жоғары химиялық және биологиялық белсенділігін қамтамасыз ететіні көрсетілген. Гуминді заттар кешен түзу,

ион алмасу және электрондарды тасымалдау процестеріне қатысу қабілетінің арқасында топырақтағы негізгі процестерді реттейді, оның ішінде қоректік элементтердің айналымы, көміртекті секвестрлеу, топырақ құрылымының қалыптасуы және ластаушы заттарды детоксикациялау бар. Гуминді заттардың өсімдіктерге физиологиялық әсеріне ерекше назар аударылған. Олардың гормонға ұқсас қасиеттер көрсете алатыны, тамыр жүйесінің дамуын ынталандыратыны, метаболизмдік процестерді белсендіретіні және өсімдіктердің абиотикалық стресс факторларына төзімділігін арттыратыны көрсетілген. Сонымен қатар, гуминді заттар макро және микроэлементтердің биожетімділігін арттыруға, топырақтың су ұстау қабілетін жақсартуға және топырақ микробиотасының белсенділігін күшейтуге ықпал етеді.

Шолуда сондай-ақ табиғи көмпртекқұрамды материалдардан гумин қышқылдарын алудың заманауи әдістері қарастырылған, оның ішінде химиялық, механохимиялық, гидротермалдық, биохимиялық әдістер, сондай-ақ ультрадыбыс, микротолқындар және электромагниттік өрістерді қолдану арқылы процестерді қарқындату тәсілдері қамтылған. Әртүрлі технологиялардың артықшылықтары мен шектеулері, және олардың экологиялық аспектілері көрсетілген.

Осылайша, гуминді заттар топырақ құнарлығын арттыруға, агроэкожүйелердің тұрақтылығын қамтамасыз етуге және ауылшаруашылығына арналған биологиялық белсенді препараттарды әзірлеуге елеулі елеуетке ие көпфункционалды табиғи қосылыстар ретінде қарастырылады. Оларды қолдану экологиялық бағытталған егіншілік технологияларын дамытуға және қазіргі заманғы азық-түлік қауіпсіздігі мен қоршаған ортаны қорғау мәселелерін шешуге жаңа мүмкіндіктер ашады.

Тірек сөздер: гуминді заттар, гумин қышқылдары, топырақтың органикалық заты, өсімдік биостимуляторы, топырақ құнарлылығы, тұрақты ауыл шаруашылығы.

ГУМИНОВЫЕ ВЕЩЕСТВА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ: ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ – ОБЗОР

Ерекешова Г.А.¹, докторант 2-го курса образовательной программы 8D05201 «Биоэкологическая инженерия»

Кабдрахманова С.К.¹, кандидат технических наук, ассоциированный профессор

Кабдрахманова А.К.^{1,2,3}, PhD, старший научный сотрудник

Шаймардан Е.^{1,2,4}, PhD, старший научный сотрудник

Бейсебеков М.М.², PhD, старший научный сотрудник

¹ *Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, г. Алматы, Казахстан*

² *ТОО «Научный центр композитных материалов», г. Алматы, Казахстан*

³ *Научно-исследовательский институт «TrueScience», г. Алматы, Казахстан*

⁴ *ТОО «SciCom», г. Астана, Казахстан*

Аннотация. Гуминовые вещества (ГВ) являются важным компонентом почвенного органического вещества и рассматриваются как перспективная основа для разработки экологически безопасных биопрепаратов, применяемых в устойчивом сельском хозяйстве. В условиях глобальной деградации почв и роста потребности в повышении продуктивности агроэкосистем возрастает интерес к природным соединениям, способным улучшать плодородие почв и стимулировать рост растений. В данном обзоре обобщены современные научные данные о происхождении, структуре, физико-химических свойствах и биологической активности гуминовых веществ, а также рассмотрена их роль в функционировании почвенных экосистем. Показано, что гуминовые вещества образуются в процессе гумификации органических остатков и характеризуются сложной молекулярной структурой, содержащей различные функциональные группы, обеспечивающие их высокую химическую и биологическую активность. Благодаря способности участвовать в процессах комплексообразования, ионного

обмена и переноса электронов, гуминовые вещества регулируют ключевые процессы в почве, включая круговорот питательных элементов, секвестрацию углерода, формирование почвенной структуры и детоксикацию загрязняющих веществ. Особое внимание уделено физиологическому воздействию гуминовых веществ на растения. Показано, что они способны проявлять гормоноподобные свойства, стимулируя развитие корневой системы, активируя метаболические процессы и повышая устойчивость растений к абиотическим стрессам. Кроме того, гуминовые вещества способствуют повышению биодоступности макро- и микроэлементов, улучшению водоудерживающей способности почвы и активизации почвенной микробиоты. В обзоре также рассмотрены современные методы получения гуминовых кислот из природных углеродсодержащих материалов, включая химические, механохимические, гидротермальные, биохимические и методы интенсификации процессов с применением ультразвука, микроволн и электромагнитных полей. Показаны преимущества и ограничения различных технологий, а также их экологические аспекты. Таким образом, гуминовые вещества рассматриваются как многофункциональные природные соединения, обладающие значительным потенциалом для повышения плодородия почв, устойчивости агроэкосистем и разработки биологически активных препаратов для сельского хозяйства. Их использование открывает новые возможности для развития экологически ориентированных технологий земледелия и решения современных проблем продовольственной безопасности и охраны окружающей среды.

Ключевые слова: гуминовые вещества, гуминовые кислоты, почвенное органическое вещество, биостимуляторы растений, плодородие почвы, устойчивое сельское хозяйство.

ЖАСЫМЫҚ ДАҚЫЛЫНЫҢ ПЕРСПЕКТИВТІ СОРТТАРЫНЫҢ ӨНІМДІЛІГІНЕ БИОЛОГИЯЛЫҚ ТЫҢАЙТҚЫШТАРДЫҢ ӘСЕРІ

Сайкенов Б.Р.¹, ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор. saikenov67@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8815-3594>

Жуматаев М.Е.¹, аға оқытушы

maratzhumatayev@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-3989-1179h>

Жамангараева А.Н.¹, ауыл шаруашылығы ғылымдарының магистрі
zhamangaraeva_a@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-4764-0983>

Хидиров К.Р.¹, ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты
kenzhali0569@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0001-7696-682X>

Сайкенова А.Ж.², PhD, қауымдастырылған профессор
alma.arai@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9211-1415>

¹Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы қ., Қазақстан

²«Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты» ЖШС,
Алматы қ., Қазақстан

Андатпа. Жасымық дақылына қысқаша сипаттама беретін болсақ, жасымық (лат. *Lens culinaris*) – бұршақ тұқымдасына (Fabaceae) жататын біржылдық дәнді-бұршақ дақылы. Ол – аса құнды азық-түлік және мал азығы ретінде кеңінен өсірілетін ауыл шаруашылық дақылдарының қатарына жатады. Тамақ өнеркәсібінде, жасымық жоғары тағамдық және биологиялық құндылығы бар дәнді бұршақ дақылы, сондықтан ол тамақ өнеркәсібінде кеңінен пайдаланылады. Тамақ өнеркәсібінде қолданылуының негізгі бағыттары: астықты өңдеу және жарма өнімдеріне, ұн және жартылай фабрикаттар өндірісіне, консерві және тез дайындалатын тағамдарға, өсімдік негізді ет және ақуыз өнімдеріне, диеталық және функционалды тағамдарға және медицинада, бояғыштар дайындауда кеңінен қолданылады.

Жасымықтың мал азығы ретіндегі маңызы, жоғары ақуыздылығымен, жақсы қорытылуымен және биологиялық құндылығымен ерекшеленеді. Мал шаруашылығында жасымық дәні, сабаны, топаны және өңдеу қалдықтары түрінде пайдаланылады. Жасымық дақылының тұқымы: ірі тұқымды және ұсақ тұқымды болып екі түрге бөлінеді.

Ботаникалық сипаттамасына қысқаша тоқталсақ, сабағы: тік, жіңішке, биіктігі 20–60 см, бұтақталған, жапырағы: кезектесіп орналасқан, жұп қауырсынды, ұшында мұртшасы бар, гүлі: майда, көбінесе ақ, көкшіл немесе күлгін түсті; жапырақ қолтығында 1–4-тен орналасады, жемісі: бұршаққап, дәннің пішіні жалпақ, ішінде 1–2 тұқым болады, тұқымы: домалақ не сәл жалпақ, түсі қоңыр, сары, жасыл немесе қызғылт-қоңыр, көлемі мен түсі сортына қарай өзгереді.

Мақалада жасымық өнімінің құрылымына себу тәсілдері мен мөлшерлерінің әсерін зерттеу жөніндегі ақпарат қамтылған. Қазіргі уақытта ғылымның алдына да, шаруашылықта да жасымықты жандандыру міндеті қойылған. Біздердің ғылыми зерттеулерімізде, жаңадан шығарылған, ірі тұқымды Шырайлы, Сакура сорттарымен, ұсақ тұқымды Крапинка сорты зерттелді. Зерттеулер нәтижесінде жасымық дақылының Шырайлы сортының қатараралығы 30 см-де өнімділік 2024 жылы фосфобациринмен өңделген нұсқада 16,8 ц/га болса, 2025 жылы нитрагинмен өңделген нұсқада 17,4 ц/га болды. Бұл бақылау нұсқасымен салыстырғанда 5,2-5,5 ц жоғары екенін байқауға болады. Шырайлы сортының қатараралығын 15 см-де, өнімділік 2024 жылы фосфобациринмен өңделген нұсқада 14,2 ц/га болса, 2025 жылы нитрагинмен өңделген нұсқада 15,7 ц/га болды. Ал бақылау нұсқасы биологиялық тыңайтқыштар мен өңделген нұсқалармен салыстырғанда 5-5,6 ц төмен.

Тірек сөздер: жасымық сорттары, нитрагин, фосфобацирин, өнімділік, биологиялық тыңайтқыштар, тәлім.

Кіріспе. Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы тәлімі егіншілік жүйесінің негізгі міндеті –табиғи ылғал қорын тиімді пайдалану арқылы тұрақты және жоғары өнім алу. Яғни, топырақтағы ылғалды сақтау және тиімді пайдалану – жауын-шашын мөлшері шектеулі болғандықтан, қар мен жаңбыр суларын топырақта ұстап, өсімдік вегетациясына жеткізу, ылғалға төзімді және құрғақшылыққа бейімделген дақылдарды өсіру – мысалы, жаздық бидай, арпа, тары және дәнді бұршақ дақылдары, топырақ құнарлылығын сақтау және арттыру – аңызак желден, эрозиядан қорғау, органикалық және минералдық тыңайтқыштарды тиімді қолдану, дақылдарды ауыспалы егіс жүйесімен орналастыру – топырақтың ылғал және қоректік режимін жақсарту, климат жағдайына бейімделген агротехникалық шараларды қолдану – ерте көктемде тырмалау, жазық кескішпен өңдеу, қар тоқтату сияқты тәсілдерді айтуға болады. Ауылшаруашылығы дақылдарының өнімділігін қалыптастыруына табиғи және антропогендік факторлар ықпал ететіні анық. Сондықтан, егіншілік жүйесінде олардың өзара байланысын зерттеу, дақылдардан жоғары және тұрақты өнім алу ауыл шаруашылығындағы маңызды және өзекті бағыт болып табылады. [1,21].

Соңғы жылдары өсімдік шаруашылығы өнімдерін өсіру мен өңдеуде бағаның шамадан тыс өсуіне байланысты ауыл шаруашылығы саласында ауыл шаруашылығы дақылдарын өсірудің ресурсүнемдеу технологияларын дамытуға, олардың өндірістің экономикалық тиімділігін арттыруға ерекше көңіл бөлініп отыр. Осыған байланысты, заманауи технологиялар мен құралдар кешені кеңінен қолданылуда. Бұл құралдар еңбек өнімділігін арттыруға, өнім сапасын жақсартуға және ресурстарды үнемдеуге бағытталған. Атап айтқанда, өсірудің негізгі құралдары: топырақтың ылғалын сақтау үшін топырақ өңдеу техникасы – жазық кескіштер, чизельдер, дискілі тырмалар, топырақты қорғау және эрозияны азайту мақсатында – минималды және нөлдік (no-till) өңдеу агрегаттарын, дәл егіс сепкіштері (GPS жүйесімен басқарылатын) немесе агрегатталған тұқым себу кешендерін (мысалы, Amazone, John Deere, Seed Hawk және т.б.) қолдану қажет.

Астық өндірісі технологиясында ауылшаруашылық шығындарын басқару оңтайлы рентабельді өнімге қол жеткізудің негізі болып табылады, өйткені пайданың болуы ауыл шаруашылығы технологиясы мен өсімдік шаруашылығының болашағын шешеді.

Бейімді-ландшафттық өсімдік шаруашылығын табысты дамытудың маңызды бағыттарының бірі – аймақтың биоклиматтық ресурстарын толық пайдаланатын, өсімдік белогының маңызды көзі және қазіргі заманғы ауыл шаруашылығының биолого-экологиялық мәселелерін шешетін бұршақ дақылдарының жоғары өнімді агроценоздарын құру[1]. Негізгі дәнді-бұршақты дақылға өнімділік әлеуетінің жоғары болуына байланысты жасымық дақылы жатады. Ауылшаруашылығы кәсіпорындарында технологиялық процесті тиімді пайдалануды қамтамасыз ететін дәнді бұршақ дақылдарын өсіру технологиясын жетілдіру бүгінгі күннің өзекті міндеттерінің бірі. Шығыны аз және барынша жоғары сапа мен өнімділікті қамтамасыз ететін өзіндік құны төмен ауыл шаруашылығы дақылдарын өсіру ғылым мен білімнің ресурстарын дамытудың тенденцияларына жатады [2,18]. Соңғы жылдары өндіріс ресурстарының тапшылығы мен энергия бағасының реттелмейтін өсуіне байланысты шаруашылықтарда энергияны аз қажет ететін дақылдар мен технологияларға көп көңіл бөлініп отыр. Соған байланысты, негізгі өңдеу әдістерін дұрыс таңдап, химиялық заттарды қолдана отырып, құрамында ақуызы жоғары асбұршақты өсіру топырақ құнарлығын сақтау және арттыру кезінде ауыл шаруашылығы жерлерін тиімді пайдалануға мүмкіндік береді [3].

Бір аудандағы өсімдіктердің саны әртүрлі тәсілдермен орналастырылуына байланысты, бірдей қоректену алаңында әртүрлі түрге ие болуы мүмкін [12]. Себу

әдістері дәннің өнімділігіне, көбею коэффициентіне, қуаттылығына, дақылдың өсуі мен 1000 дәннің салмағына үлкен әсер етеді [13]. Көптеген авторлар жасмықты 15 см қатар аралығымен үздіксіз қатарлы жолмен себуді ұсынады [14, 15].

Астық өнімділігін жоғарылатуға қол жеткізу үшін, сондай-ақ заманауи өсімдік қорғау құралдарын, жаңа тыңайтқыштарды енгізу мен техникасы жетілдіру арқылы осы дақылдың сапасы мен өнімін арттыруға қол жеткізуге болады. Дегенмен, ауыл шаруашылығы дақылдарын өсірудің жетілдірілген технологиясын енгізбес бұрын оны кешенді түрде бағалау қажет, өйткені оның нәтижелері бойынша аталған технологияларды қолданудың экономикалық тиімділігі туралы қорытынды жасауға мүмкіндік береді [19]. Бұл міндеттерді өсімдік шаруашылығы саласын әртараптандыру негізінде ауыл шаруашылығы өндірісінің тиімділігін арттыру арқылы шешуге, ол өндіріске ақуызы жоғары егістік дақылдардың перспективті сорттарын енгізуді көздейді. Соған байланысты жасымықтың өсіру технологиясын толық зерттеп, аймақтың топырақ-климаттық жағдайларын ескере отырып түзету қажет. Сондықтан Қазақстанның оңтүстік-шығысының тәлімі егіншілік жағдайында ақуызы жоғары дақылдардың перспективті сорттарын өсірудің ресурс үнемдейтін технологияларын әзірлеу және енгізу өте маңызды.

Материалдар және зерттеу әдістері. Егістік тәжірибелер 2024-2025 жылдардағы, Қазақстан Республикасының Ауыл шаруашылығы министрлігінің бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру аясында BR22885414 «Заманауи биология әдістердің негізінде дәнді бұршақ дақылдарының өнімділігі жоғары сорттарын құру, олардың сорттық технологиясын және бастапқы тұқым шаруашылығын жасау» бюджеттік бағдарламасы бойынша жүзеге асырылды. Негізінен ғылыми зерттеу жұмыстары Қазақстан Республикасы, Алматы облысы Еңбекшіқазақ ауданының солтүстік-батыс бөлігінде орналасқан Саймасай ауылындағы Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университетінің «Агроуниверситет» оқу-тәжірибе станциясында жүргізілді.

Далалық тәжірибе тау бөктеріндегі сазды белдеуге тән түрлері болып табылатын ауыр гранулометриялық құрамыды шалғынды-қоңыр топырақтарына жүргізілді. Бұл топырақтар жер асты суларының (1,5-2,0 м) салыстырмалы түрде жақын орналасуымен ерекшеленетін төмен жер бедерінде, сондай-ақ тау аралық аңғарлар мен өзен террасаларында кездеседі. Белгілі бір тәжірибе учаскесінің топырақ үлгілері егу алдында алынған қара шіріндінің орташа мөлшері -6.15, нитрат азоты-24,5 мг/кг топырақ; жылжымалы фосфор-50,8 мг/кг топырақ; жылжымалы калий-699,7 мг/кг топырақ; жылжымалы күкірт-17,8 мг/кг топырақ және рН көрсеткіштері-7,5 бейтарап.

Зерттеудің мақсаты – тәлімі егіншілік жағдайында астық өндірісінің рентабельділігіне және Қазақстан Республикасының агроөнеркәсіптік кешеннің өндірісінің өнімділігін арттыруға ықпал ететін жасымық дақылының жаңа жоғары өнімді және стресске төзімді келешек сорттарын өсірудің ресурс үнемдейтін технологияларын әзірлеу және енгізу.

Осыған байланысты, Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы тәлімі егіншіліктің биоклиматтық әлеуетін ескере отырып, жасымық дақылдарының жаңа келешекті сорттары үшін оңтайлы себу әдістері зерттелді. Сонымен қатар, ресурсүнемдейтін сорттарын өсіру технологиясы элементтерінің жасымық дақылдарының келешекті сорттарының өсуі мен дамуына және өнімділігі мен сапасына әсер ету заңдылықтары айқындалды. Бұршақ тұқымдас дақылдардың келешекті сорттарының ресурсүнемдейтін сорттық технологиясының элементтерін қолданудың тиімділігі бағаланды. Зерттеудің өзектілігі мемлекеттің азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз ету және Қазақстанның ауыл шаруашылығын дамытуды жақсартуға бағытталған тиімді шараларды әзірлеуді талап етеді.

Жасымық дақылы қатар аралығы 15 см, ал кең қатарлы 30 см әдістерімен

себілді. Зерттеу нысаны - жасымықтың отандық Сакура, Шырайлы және Крапинка сорттары таңдалып алынды. Себу жұмыстары 2024-жылы екінші декадасында. Ал 2025-жылы осы айдың үшінші декадасында жүргізілді. Алғы дақыл - дәнді дақылдар. Тәжірибедегі мөлтектің көлемі 120 м² (4x30), үш қайталанымды. Әдістемелік нұсқауларға сәйкес тәжірибелер мен зерттеулер жүргізілді. Фенологиялық бақылаулар (себу, көктеу, гүлдену, пісу), шаруашылық- пайдалы белгілері бойынша визуалды бағалау, өнімділік элементтерін фенотиптеу (өсімдіктің ұзындығы, төменгі дәннің бекіту биіктігі, бұтақтардың саны, өсімдік массасы, бұршақ саны, тұқым саны, тұқым салмағы, 1000 дән салмағы, бұршақ қаптағы тұқымдар саны) дәнді бұршақ дақылдарының топтамасын, зерттеу бойынша, әдістемелік нұсқаулыққа сәйкес жүргізілді. Өнімділік баулық әдісімен анықталды. Егін жинау Сампо-500 комбайнымен бір фазалы мөлдек әдіспен үздіксіз жинау арқылы жүргізілді. Алынған мәліметтерді өңдеу статистикалық бағдарламалардың көмегімен ДЭК-де жүзеге асырылды. Б.А.Доспехов бойынша дисперсиялық талдау әдісі қолданылды.

Зерттеу нәтижелері және талқылаулар. Өсімдіктердің өніп шыққаннан кейінгі алғашқы даму кезеңінде биіктігінің тәуліктік өсуі сорттық ерекшеліктеріне, ауа-райы жағдайларына, әсіресе температураға байланысты екенін көптеген зерттеушілер анықтады. Жасымық дақылын өсіру технологиясының агробиологиялық ерекшеліктері мен элементтері өсімдіктің өсу динамикасына айтарлықтай әсер етті. Тәлімі егіншілік жағдайында және өсімдіктердің биіктігі топырақ құрамындағы ылғалдың болуына байланысты, өсімдіктердің биіктігін орташа тәуліктік өсуі бойынша бағалауға болады.

Аймақ үшін келешегі бар дәнді бұршақ дақылдарда өсудің келесі кезеңдерін атап өтуге болады: өскінділігі, бұтақтануы, бұршіктенуі, гүлденуі, бұршақ түзу және пісуі. 1-кестеде жасымық дақылының сорттарының фенологиялық кезеңдері бойынша (егу, шығу, бұтақтану, бұршіктену, гүлдену, пісу) мерзімдері салыстырылып көрсетілген. 2024–2025 жылдар аралығында жүргізілген фенологиялық бақылаулар нәтижесінде жасымық дақылының үш түрлі сортының (Шырайлы, Сакура, Крапинка) өсу және даму кезеңдерінің мерзімдерінде жылдар бойынша айтарлықтай айырмашылықтар байқалды. Фенологиялық бақылауда байқағанымыздай, 2024 жылы 9 сәуірде егілген тұқымымыз араға 7 күн салып алғашқы өскіндерін бере бастаса, 2025 жылы бұл көрсеткіш 2 күнге қысқарып, өскіндер 5 күннен кейін пайда болды. Еңбекшіқазақ ауданының «Есік» метеостанциясының мәліметтеріне сүйенсек, 2024 жылы сәуір айындағы жауын-шашын мөлшері небәрі 0,98 мм болса, 2025 жылдың сәуір айында бұл көрсеткіш айтарлықтай артып, 53,2 мм-ге жеткен. Ал көпжылдық орташа жауын-шашын мөлшері бұл айда 56,5 мм құрайды.

Осы мәліметтерге сүйеніп, 2024 жылы топырақтағы ылғалдың жеткіліксіз болуы, тұқымның өнгіштігіне және өскіндердің шығу мерзіміне кері әсер еткенін, ал 2025 жылы жауын-шашын мөлшерінің көпжылдық нормаға жақындауы, топырақ ылғалдылығын арттырып, тұқымның тез өнгіштігіне және алғашқы өскіндердің ертерек шығуына ықпал еткенін байқаймыз.

Биологиялық тыңайтқыштар (ТМТД + ризовит АКС және ТМТД + фосфобацирин) қолдану барлық сорттарда вегетациялық кезеңдердің ұзақтығына оң әсерін тигізді. Атап айтқанда:

Өсімдіктің бұтақтану және бұршіктену кезеңдері бақылау нұсқасына қарағанда 1–2 күнге ертерек басталғанын байқауға болады. Гүлдену мен пісу кезеңдерінде шамамен 2–3 күнге жылдамдағанын көруге болады. Ал 30 см себу аралығындағы нұсқаларда өсімдіктердің даму кезеңдері біршама ұзарып, 15 см аралықта егілген өсімдіктерде даму процесі қарқынды жүріп, өсу кезеңі қысқара түскені байқалады.

1-кесте – ТМТД, ризовит АКС және фосфобацирин қолдануға байланысты жаңа жасымдық сорттарының өсуі мен дамуына жүргізілген фенологиялық бақылаулар, 2024–2025 жж.

Тәжірибе нұсқалары		Егілген күні		Шығу күні		Бұтақтану күні		Бүршіктену күні		Гүлденуі		Пісуі	
Себу тәсілі см	Биотыңайтқыш	2024 жыл	2025жыл	2024 жыл	2025 жыл	2024 жыл	2025 жыл	2024 жыл	2025 жыл	2024 жыл	2025 жыл	2024 жыл	2025 жыл
		Шырайлы сорты											
15 см	Бақылау	09.04	23.04	16.04	29.04	30.04	18.05	24.05	06.06	07.06	17.06	16.07	20.07
	ТМТД + ризовит АКС	09.04	23.04	16.04	28.04	28.04	20.05	23.05	07.06	05.06	18.06	20.07	22.07
	ТМТД + фосфобацирин	09.04	23.04	16.04	28.04	28.04	20.05	23.05	07.06	05.06	18.06	18.07	21.07
10 см	Бақылау	09.04	23.04	16.04	28.04	30.04	19.05	24.05	06.06	07.06	17.06	16.07	20.07
	ТМТД + ризовит АКС	09.04	23.04	16.04	28.04	28.04	21.05	23.05	06.06	07.06	17.06	18.07	21.07
	ТМТД + фосфобацирин	09.04	23.04	16.04	28.04	27.04	20.05	22.05	07.06	07.06	18.06	16.07	20.07
		Сакура сорты											
15 см	Бақылау	09.04	23.04	16.04	28.04	01.05	21.05	25.05	07.06	07.06	18.06	16.07	22.07
	ТМТД + ризовит АКС	09.04	23.04	16.04	28.04	30.04	22.05	23.05	06.06	05.06	17.06	20.07	21.07
	ТМТД + фосфобацирин	09.04	23.04	16.04	28.04	30.04	21.05	23.05	07.06	08.06	17.06	18.07	21.07
30 см	Бақылау	09.04	23.04	16.04	28.04	01.05	22.05	25.05	07.06	08.06	18.06	16.07	20.07
	ТМТД + ризовит АКС	09.04	23.04	16.04	28.04	30.04	22.05	23.05	07.06	05.06	17.06	21.07	22.07
	ТМТД + фосфобацирин	09.04	23.04	16.04	28.04	29.04	22.05	22.05	06.06	09.06	17.06	20.07	21.07
		Крапинка сорты											
15 см	Бақылау	09.04	23.04	16.04	28.04	30.04	23.05	24.05	07.06	07.06	18.06	16.07	22.07
	ТМТД + ризовит АКС	09.04	23.04	16.04	28.04	28.04	23.05	23.05	07.06	05.06	18.06	20.07	22.07
	ТМТД + фосфобацирин	09.04	23.04	16.04	28.04	28.04	23.05	23.05	06.06	05.06	17.06	18.07	21.07
30 см	Бақылау	09.04	23.04	16.04	28.04	30.04	24.05	24.05	07.06	07.06	17.06	16.07	21.07
	ТМТД + ризовит АКС	09.04	23.04	16.04	28.04	28.04	23.05	23.05	06.06	07.06	17.06	18.07	20.07
	ТМТД + фосфобацирин	09.04	23.04	16.04	28.04	27.04	23.05	22.05	07.06	07.06	18.06	16.07	22.07

Өсімдіктердің даму ырғағы сияқты, олардың вегетациялық кезеңінің ұзақтығы да белгілі бір климаттық жағдайларда өсу ортасына бейімделуінде маңызды рөл атқарады. Сондықтан бұл көрсеткіш әлі күнге дейін белгілі бір аумақтарды ауылшаруашылық тұрғыдан игеруде шектеуші фактор болып табылады. Есепті жылы сыналған жасымық сорттарының вегетациялық кезеңінің ұзақтығы (егуден дәннің толық пісуіне дейін) 2024-жылы 98–103 күн аралығында ауытқыса, 2025-жылы 88-90 күн болды.

Жалпы алғанда, 2025 жылы барлық сорттар бойынша фенологиялық кезеңдердің басталуы мен өту мерзімдері 2024 жылмен салыстырғанда ертерек болған. Бұл топырақтың жеткілікті ылғалдануы мен ауа райының қолайлы болуының нәтижесі.

Жасымық сорттарының далалық өнгіштігіне келетін болсақ, жасымық дақылының алғашқы өскіндері себуден кейін 5–7 күн өткен соң пайда болды (2-кесте).

2-кесте – ТМТД, ризовит АКС және фосфобацириннің жаңа жасымық сорттарының далалық өнгіштігі мен өсімдіктердің өсу жиілігіне әсері, 2024–2025 жж.

Тәжірибе нұсқалары		Егілген күні		Шығу күні		Себілген тұқым саны, дана/м ²		Өскен өскін саны, дана/м ²		Өсімдіктердің жиілігі, мың,дан/га		Далалық өнгіштігі, %	
Се-бу тәсіл, см	Биотың-айтқыш	2024 жыл	2025 жыл	2024 жыл	2025 жыл	2024 жыл	2025 жыл	2024 жыл	2025 жыл	2024 жыл	2025 жыл	2024 жыл	2025 жыл
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Шырайлы сорты													
5 см	Бақылау	09.04	23.04	7	6	150	150	142,3	136,4	1423,0	13635	94,9	90,9
	ТМТД + ризовит АКС	9.04	3.04	7	5	150	150	143,5	138,3	1435,0	13830	95,7	92,2
	ТМТД + фосфоба-цирин	09.04	23.04	7	5	150	150	144,4	139,2	1444,0	13920	96,3	92,8
30 см	Бақылау	09.04	23.04	7	5	150	150	143,3	140,0	1433,0	13995	95,5	93,3
	ТМТД + ризовит АКС	09.04	23.04	7	5	150	150	144,6	139,5	1446,0	13950	96,4	93,0
	ТМТД + фосфоба-цирин	09.04	23.04	7	5	150	150	145,9	139,2	1459,0	13920	97,3	92,8
Сакура сорты													
5 см	Бақылау	09.04	23.04	7	5	150	150	140,2	131,5	1402,0	13155	93,5	87,7
	ТМТД + ризовит АКС	09.04	23.04	7	5	150	150	143,4	138,2	1434,0	13815	95,6	92,1
	ТМТД + фосфоба-цирин	09.04	23.04	7	5	150	150	144,5	134,0	1445,0	13395	96,3	89,3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
30 см	Бақылау	09.04	23.04	7	5	150	150	141,1	129,6	1411,0	12960	94,1	86,4
	ТМТД + ризовит АКС	09.04	23.04	7	5	150	150	143,8	135,3	1438,0	13530	95,9	90,2
	ТМТД + фосфоба цирин	09.04	23.04	7	5	150	150	145,1	132,1	1451,0	13215	96,7	88,1
Крапинка сорты													
5 см	Бақылау	09.04	23.04	7	5	150	150	142,3	127,7	1423,0	12765	94,9	85,1
	ТМТД + ризовит АКС	09.04	23.04	7	5	150	150	143,5	132,2	1435,0	13215	95,7	95,7
	ТМТД + фосфоба цирин	09.04	23.04	7	5	150	150	144,4	131,4	1444,0	13140	96,3	96,3
30 см	Бақылау	09.04	23.04	7	5	150	150	143,3	130,8	1433,0	13080	95,5	95,5
	ТМТД + ризовит АКС	09.04	23.04	7	5	150	150	144,6	135,3	1446,0	13530	96,4	96,4
	ТМТД + фосфоба цирин	09.04	23.04	7	5	150	150	145,9	133,6	1459,0	13365	97,3	97,3

2-кестедегі жасымық сорттарының далалық өнгіштігі мен өсімдіктердің жиілігіне ТМТД, ризовит АКС және фосфобацирин әсері бойынша қорытындыласақ, 2024–2025 жылдардағы тәжірибе нәтижелері көрсеткендей, тұқымды алдын ала өңдеу (ТМТД+ ризовит АКС және ТМТД+фосфобацирин) далалық өнгіштікті 3,8% арттырған. Мысалы, бақылау нұсқасында далалық өнгіштік 85–95% аралығында болса, өңделген тұқымдарда бұл көрсеткіш 88–97% дейін жеткен. Шырайлы сорты – барлық өңдеу нұсқаларында жоғары өнгіштік пен өсімдіктердің жиілігіне ие болды (96–97%). Сакура сорты – ТМТД+ ризовит АКС және ТМТД+фосфобацирин өңделген нұсқаларда өнгіштік 95–96% деңгейінде байқалды. Крапинка сорты – ең тұрақты өнгіштік көрсеткен, әсіресе 2025 жылы фосфобациринмен өңделген тұқымдарда өнгіштік 97,3% дейін жеткен.

Қорыта айтқанда, тұқымды алдын ала өңдеу және қатардағы арақашықтықты дұрыс таңдау жасымық дақылдарының далалық өнгіштігін жақсартуға және өсімдіктердің біркелкілігін қамтамасыз етуге тиімді факторлар болып табылады.

Жасымық егісінің арамшөптермен ластануына тоқталсақ, басқа дәнді-бұршақты дақылдарындағыдай, жасымық сорттарының егістерінде көпжылдық және біржылдық арамшөптер кездеседі. Көпжылдық арамшөптерге: дала күлтесі, ащы жұпаржапырақ және жатып өсетін сұлы; біржылдықтарға: қарақұмық, тауық жүгерісі, ақ мари және амарант түрлері жатады. Арамшөптердің санына, қатар аралығық және тұқымды алдын ала өңдеу (ТМТД+ ризовит АКС және ТМТД+фосфобацирин) белгілі бір әсер етті. (3-кесте). 3-кестеден көрініп тұрғандай, жасымықтың жаңа сорттарының егісіндегі арамшөптердің саны әртүрлі тәжірибе нұсқалары мен микротыңайтқыш қолданылуына байланысты өзгереді. Биологиялық тыңайтқыштармен алдын ала ТМТД + ризовит АКС немесе ТМТД + фосфобациринмен өңделген тұқымдарда арамшөптердің саны бақылау нұсқасына қарағанда айтарлықтай төмендеген.

3-кесте – Жасымықтың жаңа сорттарының егісі, арамшөптермен ластануы

Тәжірибе нұсқалары		Арамшөптердің саны							
себу тәсіл , см	Биотыңайтқыш	Өскіндер бойынша				Жинау алдында			
		дана/м²		г/м²		дана/м²		г/м²	
		2024 жыл	2025 жыл	2024 жыл	2025 жыл	2024 жыл	2025 жыл	2024 жыл	2025 жыл
Шырайлы сорты									
15 см	Бақылау	30,2	15,6	96,6	45,5	14,8	9,6	115,5	85,3
	ТМТД + ризовит АКС	29,3	13,6	81,9	39,6	12,4	5,1	109,3	70,6
	ТМТД + фосфобацирин	27,9	14,9	80,4	40,4	12,1	5,8	104,5	78,1
30 см	Бақылау	31,4	16,1	97,3	44,9	18,1	9,2	135,1	65,8
	ТМТД + ризовит АКС	30,9	14,6	89,1	43,2	16,4	6,6	126,4	65,3
	ТМТД + фосфобацирин	28,6	15,2	81,5	38,8	15,8	8,1	125,8	73,4
Сакура сорты									
15 см	Бақылау	32,2	16,1	95,9	42,2	20,2	10,3	131,5	71,4
	ТМТД + ризовит АКС	28,9	13,4	92,1	40,6	18,1	8,0	128,4	70,2
	ТМТД + фосфобацирин	29,1	14,2	91,3	43,4	19,1	9,7	120,3	71,1
30 см	Бақылау	32,1	15,8	96,7	44,5	21,8	10,1	128,6	68,9
	ТМТД + ризовит АКС	30,1	13,3	86,9	40,0	20,2	8,3	124,8	60,4
	ТМТД + фосфобацирин	26,6	14,9	90,4	43,2	19,4	9,4	120,1	66,2
Крапинка сорты									
15 см	Бақылау	30,2	15,6	96,6	46,1	14,8	10,8	115,5	76,8
	ТМТД + ризовит АКС	29,3	13,3	81,9	40,8	12,4	8,4	109,3	64,4
	ТМТД + фосфобацирин	27,9	14,8	80,4	45,2	12,1	9,6	104,5	69,4
30 см	Бақылау	31,4	14,9	97,3	44,4	18,1	9,3	135,1	65,8
	ТМТД + ризовит АКС	30,9	12,4	89,1	40,2	16,4	7,9	126,4	56,4
	ТМТД + фосфобацирин	28,6	13,8	81,5	42,6	15,8	8,2	125,8	60,9

Мысалы, Шырайлы сорты үшін 2024 жылы өскіндер бойынша арамшөптердің саны бақылауда 30,2 дана/м² болса, ТМТД + ризовит АКС қолданғанда 29,3 дана/м², ал ТМТД + фосфобацирин қолданғанда 27,9 дана/м² болды. Бұл биологиялық тыңайтқыштар арамшөптердің өсуін тежеуге ықпал етеді деп айтуға болады. 15 см қатараралықта, 30 см қатараралыққа қарағанда көбінесе арамшөптердің саны аз болды. Бұл тұқымдардың тығыз егілуі арамшөптердің өсуіне белгілі бір кедергі жасайды. Барлық сорттарда арамшөптердің саны жинау алдында көбейгенімен, биологиялық тыңайтқыш қолданылған нұсқаларда өсім баяу болып, жинау алдындағы арамшөптердің мөлшері бақылауға қарағанда төмен болды. Мысалы, Сакура сорты 2025 жылы жинау алдында ТМТД + ризовит АКС қолданылған 15 см қатараралықта

70,2 дана/м² болса, бақылауда 71,4 дана/м² болды. Крапинка сорты басқа екі сортқа қарағанда кей нұсқаларда аздап төмен арамшөппен ластанған, бұл сорттың өсу ерекшеліктерімен байланысты болуы мүмкін. Қорыта келсек, ТМТД + ризовит АКС және ТМТД + фосфобацирин қолдану жасымық дақылын арамшөптермен ластануын төмендетеді және алдын ала биотыңайтқышпен өңдеу арамшөптердің өсуін тежеп, егіннің өркендеуіне қолайлы жағдай туғызады.

Жасымық сорттарының қатар аралығы мен ТМТД + ризовит АКС және ТМТД + фосфобацирин қолданылуына байланысты жасымықтың биометриялық көрсеткіштерінің өзгерісі 4-кестеде келтірілген. Кестеде 2024 және 2025 жылдардағы жасымық дақылының Шырайлы, Сакура, Крапинка сорттарының өсу кезеңдері мен өнім қалыптастыру көрсеткіштері (өсімдік биіктігі, жасыл масса түзілуі) зерттелген. Зерттеу мақсаты, себу тәсілі мен биологиялық тыңайтқыштардың әсерін анықтау.

4-кесте – ТМТД, ризовит АКС және фосфобацирин қолдануына байланысты перспективті жасымық сорттарының биометриялық көрсеткіштері, 2024-2025 жж.

Тәжірибе нұсқалары		Егілген күні		Бұтақтану кезеңі				Бүршіктену кезеңі				Пісу кезеңі			
Себу тәсіл, см	Биотыңайтқыш			Өсімдіктің биіктігі, см		Жасыл масса түзілуі, г		Өсімдіктің биіктігі, см		Жасыл масса түзілуі, г		Өсімдіктің биіктігі, см		Жасыл масса түзілуі, г	
				2024 жыл	2025 жыл	2024 жыл	2025 жыл	2024 жыл	2025 жыл	2024 жыл	2025 жыл	2024 жыл	2025 жыл	2024 жыл	2025 жыл
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Шырайлы сорты															
5 см	Бақылау	09.04	23.04	15,1	13,3	22,5	19,9	21,4	19,9	29,4	27,6	36,1	33,3	69,5	67,4
	ТМТД + ризовит АКС	09.04	23.04	15,6	13,4	23,3	23,1	22,5	21,1	30,2	29,3	38,4	36,9	82,3	75,3
	ТМТД + фосфобацирин	09.04	23.04	16,1	13,9	25,6	21,4	22,8	20,4	30,3	28,8	39,9	35,1	83,5	71,2
30 см	Бақылау	09.04	23.04	13,8	14,0	23,3	21,1	20,1	18,6	30,5	28,4	34,6	31,4	72,2	62,6
	ТМТД + ризовит АКС	09.04	23.04	14,4	14,8	25,7	25,1	21,6	19,9	31,4	30,9	40,1	36,4	76,9	71,3
	ТМТД + фосфобацирин	09.04	23.04	14,9	14,4	26,8	23,4	22,4	19,1	31,9	30,6	41,3	35,1	80,4	68,1
Сакура сорты															
5 см	Бақылау	09.04	23.04	16,6	14,1	13,6	12,1	19,8	19,8	25,4	26,2	34,4	29,9	75,6	74,4
	ТМТД + ризовит АКС	09.04	23.04	15,9	15,0	15,8	12,9	21,6	21,6	27,7	28,9	36,2	33,6	74,0	79,9
	ТМТД + фосфобацирин	09.04	23.04	14,6	14,6	16,9	12,4	22,1	22,1	29,2	28,1	38,1	32,4	85,4	75,6
30 см	Бақылау	09.04	23.04	16,5	14,6	15,3	12,7	20,8	20,8	26,6	27,7	34,6	33,0	73,2	74,6
	ТМТД + ризовит АКС	09.04	23.04	17,1	16,4	16,8	13,6	22,4	22,4	29,9	32,1	39,0	36,3	82,2	86,6

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	ТМТД + фосфоба- цирин	09.04	23.04	16,5	15,2	17,1	13,1	23,6	23,6	30,2	30,2	41,2	35,1	84,5	83,5
Крапинка сорты															
5 см	Бақылау	09.04	23.04	15,1	3,5	2,5	11,4	21,4	18,3	29,4	19,8	36,1	24,5	69,5	49,1
	ТМТД + ризovit АКС	09.04	23.04	15,6	14,1	23,3	12,2	22,5	20,1	30,2	21,2	38,4	28,1	82,3	53,4
	ТМТД + фосфоба- цирин	09.04	23.04	16,1	13,9	25,6	11,9	22,8	19,3	30,3	20,3	39,9	26,3	83,5	52,3
30 см	Бақылау	09.04	23.04	13,8	14,1	23,3	11,3	20,1	19,4	30,5	21,1	34,6	24,5	72,2	52,4
	ТМТД + ризovit АКС	09.04	23.04	14,4	15,1	25,7	12,2	21,6	22,8	31,4	23,4	40,1	30,2	76,9	60,1
	ТМТД + фосфоба- цирин	09.04	23.04	14,9	14,6	26,8	11,6	22,4	20,6	31,9	22,2	41,3	29,1	80,4	56,8

Барлық сорттарда биологиялық тыңайтқыш қолдану өсімдік биіктігін арттырғанын байқауға болады. Мысалы, Шырайлы сорты ТМТД + фосфобацирин қолданғанда өсімдік биіктігі бақылауға қарағанда 6–10% жоғары болса, Сакура сортының биіктігінің айырмасы шамамен 5–8% аралығында, Крапинка сорты 2025 жылы өсімдік биіктігі биологиялық тыңайтқыштарды енгізген нұсқаларды, бақылау нұсқасымен салыстырғанды 0,7-1,1 см биік болғанын көруге болады.

Жасыл масса түзілуіне келетін болсақ, ТМТД + фосфобацирин және ТМТД + ризовит АКС комбинациялары жасыл массаның айтарлықтай өсуін қамтамасыз еткен. Мысалы, Шырайлы сорты 15 см қатараралықта 83,5 - 71,2 г болса, бақылаудан 20% жоғары екенін көреміз. Сакура сорты 30 см қатар аралығында ТМТД + фосфобацирин қолдану ең жоғары нәтижені (84,5–83,5 г) берген байқауға болады. Крапинка сортының жасыл массасы 2025 жылы төмендегенімен, өңделген нұсқаларда, бақылаудан жоғары болып қалған. Себу тәсілінің әсеріне тоқталатын болсақ, 15 см қатараралықта, жоғары биомасса берген, себебі өсімдіктер тығыз өсіп, бір-біріне микроклимат қалыптастырса, 30 см қатараралықта өсімдік биіктігі сәл артық болғанымен, жасыл масса кейде аздау болды, бұл сирек себудің әсерінен жарық пен қоректік кеңістіктің артуымен байланысты деп тұжырымдауға болады.

Биологиялық тыңайтқыштардың салыстырмалы түрде тиімділігін талдайтын болсақ, ТМТД + фосфобацирин барлық сорттарда ең жоғары нәтижелер көрсеткенін байқауға болады. Бұл фосфатмобилизациялаушы бактериялардың тамыр жүйесін белсендіріп, қоректік элементтердің сіңірілуін арттырғанын көрсетеді. ТМТД + ризовит АКС- тің де тиімділігі жоғары, бірақ фосфобациринмен салыстырғанда сәл төмендеу болды. Жалпы 4-кестені қорытындылайтын болсақ, биологиялық тыңайтқыштарды қолдану (әсіресе ТМТД + фосфобацирин) өсімдік биіктігі мен жасыл масса түзілуін едәуір арттырады. Фосфобацирин препараты жасымық дақылдардың тамыр жүйесін күшейтіп, өнімнің физиологиялық көрсеткіштерін жақсартады. Ал себу тәсілінде 15 см қатараралық жасыл массаны көбейтсе, 30 см қатараралықта өсімдік биіктігін арттырады. Демек, зерттелген жасымық сорттарының биометриялық көрсеткіштерін салыстыра отырып, тәлімді таулы аймақ жағдайында сорттық технологияның жекелеген элементтерінің параметрлерін оңтайландыру жоғары сапалы тағамдық қасиеттері бар жасымық дәнінің жоғары өнімін алуға мүмкіндік береді деген қорытындыға келеміз.

Жасымықтың өнім құрылымы мен дән өнімділігі 5-кестедегі мәліметтерге

сәйкес, қатар аралығы 15 см-ден 30 см-ге дейін артқан сайын бұршақ саны да көбейеді: бақылау нұсқасында 12–19 дана болса, тұқымды себуге дейін ТМТД + ризовит АКС және ТМТД + фосфобацирин биотыңайтқыштарымен өндегенде бұл көрсеткіш 15–21 бұршаққа дейін жетеді.

1 м²-дегі тұқым массасы қатар аралығы мен тұқымдарды себуге дейін инокуляциялау нәтижесінде 92,0-ден 168,0 г/м²-ге дейін артады. 1000 дәннің массасы қатар аралығы 15 см болғанда 62,0-ден 42,0 г-ға дейін төмендейді, ал қатар аралығы 30 см болғанда — 82,0-ден 75,0 г-ға дейін азаяды. Шырайлы сортының ең жоғары өнімділігі 17,4 ц/га, ол 30 см қатар аралығында себілген және тұқымдары ТМТД + ризовит АКС биотыңайтқышымен өңделген нұсқада, ал қатар аралығы 15 см, бақылау нұсқасында Шырайлы сортының өнімділігі 10,1 ц/га-ға төмендейді. Сакура сортының бұршақ саны қатар аралығы 15 см-ден 30 см-ге артқанда 20-дан 23 бұршаққа дейін көбейеді. 1 м²-дегі тұқым массасы қатар аралығы 15 см болғанда 88,0-ден 126,0 г-ға дейін, ал қатар аралығы 30 см болғанда 92,0-ден 168,0 г-ға дейін артады.

Ең жоғары өнімділік 30 см қатар аралығында себілген және тұқымдары ТМТД + ризовит АКС мен ТМТД + фосфобацирин препараттарымен себуге дейін өңделген Сакура сортының нұсқаларында қалыптасты. Бұл жағдайда өнімділік 16,8–15,1 ц/га болды. Ал қатар аралығы 15 см болғанда Сакура сортының өнімділігі 1,2 ц/га-ға төмендеді. 30 см қатар аралығы мен биологиялық тыңайтқыш қолдану (әсіресе ТМТД + ризовит АКС) барлық сорттарда өнімділікті 1,5–2 есеге дейін арттырған. ТМТД + ризовит АКС өсімдіктің биіктігін, бұршақ қап саны мен жалпы өнімділікті айтарлықтай арттырды. ТМТД + фосфобацирин кей жағдайда тұқым массасын жоғарылатты.

5-кесте – 2024-2025 жылдары ТМТД, ризовит АКС және фосфобацирин қолданылуына байланысты жасымықтың перспективті сорттарының өнім құрылымы мен дән өнімділігі

Тәжірибе нұсқалары		Өсімдікті биіктігі,		Бұршақ қап саны, дана		Бұршақ қаптағы тұқым саны, дана		1 м²-дегі Тұқым массасы, г		1000 Дәннің массасы г		Өнімділік, ц/га	
себу тәсіл, см	био-тыңайтқыш												
		2024 жыл	2025 жыл	2024 жыл	2025 жыл	2024 жыл	2025 жыл	2024 жыл	2025 жыл	2024 жыл	2025 жыл	2024 жыл	2025 жыл
Шырайлы сорты													
15	Бақылау	36,1	30,3	15	19,0	1	2	92	101	63	62	9,2	10,1
	ТМТД + ризовит АКС	38,4	38,1	17	24,0	1	2	123	157	71	77	12,3	15,7
	ТМТД + фосфобацирин	39,9	36,6	18	22,0	1	2	142	140	76	66	14,2	14,0
30	Бақылау	34,6	32,2	12	14,0	1	2	116	119	67	65	11,6	11,9
	ТМТД + ризовит АКС	40,1	43,2	15	19,0	1	2	149	17	74	82	14,9	17,4
	ТМТД + фосфобацирин	41,3	41,8	17	17,0	1	2	168	152	81	69	16,8	15,2
Сакура сорты													
15	Бақылау	34,4	31,1	14	16,0	1	2	88	92	61	59	8,8	9,2
	ТМТД + ризовит АКС	36,2	36,4	16	21,0	1	2	104	146	70	70	10,4	14,6
	ТМТД + фосфобацирин	38,1	34,8	16	19,0	1	2	126	134	75	64	12,6	13,4
30	Бақылау	34,6	33,2	15	17,0	1	2	102	114	63	60	10,2	11,4
	ТМТД +	39,0	43,4	20	23,0	1	2	134	168	73	75	13,4	16,8

	ризовит АКС												
	ТМТД + фосфобацирин	41,2	41,1	21	20,0	1	2	138	151	77	69	13,8	15,1
Крапинка сорты													
15	Бақылау	36,1	29,8	15	12,0	1	2	92	87	63	42	9,2	8,7
	ТМТД + ризовит АКС	38,4	32,6	17	15,0	1	2	123	122	71	45	12,3	12,2
	ТМТД + фосфобацирин	39,9	30,1	18	13,0	1	2	142	106	76	43	14,2	10,6
30	Бақылау	34,6	30,3	12	14,0	1	2	116	98	67	43	11,6	9,8
	ТМТД + ризовит АКС	40,1	37,4	15	19,0	1	2	149	134	74	51	14,9	13,4
	ТМТД + фосфобацирин	41,3	33,6	17	16,0	1	2	168	122	81	48	16,8	12,2

Қорытынды. Зерттеу нәтижелеріне сүйене отырып, алдын ала мынадай қорытындылар жасауға болады: жаңа перспективті жасымық сорттары жылдың қалыптасқан климаттық жағдайларына, сондай-ақ негізгі сорттық агротехника элементтері аясында қолданылған ТМТД+ризовит АКС және ТМТД+фосфобацирин биотыңайтқыштарына әртүрлі әсер етті.

Тұқымды себу алдындағы инокуляциялау зерттелген жасымық сорттарына ықпал етті. Бұл әсер, ең алдымен, себу–өңгі кезеңінің ұзақтығынан байқалды: жасымықта 1–2 күнге қысқарды.

Сонымен бірге инокуляция далалық өңгіштікке де оң әсерін тигізді. Жасымық сорттарының ішінде Сакура – 3,2%, Шырайлы – 2,4% жоғары өңгіштікке ие болды.

ТМТД+ризовит АКС және ТМТД+фосфобацирин биотыңайтқыштарын себу алдындағы өңдеуде қолдану егістіктің танаптық өну кезеңіндегі арамшөптену деңгейіне әсер етті. Бұл көрсеткіш, жасымық сорттарында Шырайлы – 3,5 данаға, Сакура – 5,6 данаға азайды. Ал жинау алдындағы кезеңде арамшөп саны сорттар арасында шамамен бірдей болғанымен, олардың биомассасы бақылаумен салыстырғанда жасымықта – 30,6 г көп болды.

Тұқымды себу алдындағы инокулянттармен өңдеу вегетация кезеңіндегі биометриялық көрсеткіштерге айтарлықтай әсер етті. Есептік фазаларда өсімдіктің биіктігі мен жасыл массаның жиналуы бақылаумен салыстырғанда артты. Сакура сортында бұршақ түзу фазасында өсімдік биіктігі 34,4 см-ден 41,2 см-ге дейін, жасыл масса 73,2 г-нан 85,4 г-ға дейін артты. Шырайлы сортында биіктік 36,1 см-ден 41,3 см-ге дейін, ал жасыл масса 69,5 г-нан 83,5 г-ға дейін көбейді. Осының бәрі себу алдындағы инокуляция өсімдіктердің өсуіне, биомасса жинауына және жалпы өнімділік әлеуетіне оң әсер ететінін көрсетеді.

Себу алдындағы ТМТД+ризовит АКС және ТМТД+фосфобацирин биотыңайтқыштары барлық өнім құрылымы элементтеріне — бұршақ қап санына, бұршақтағы тұқым санына, 1 м²-дегі тұқым массасына, 1000 дәннің массасына және жалпы өнімділікке айқын әсер етті. Шырайлы сорты бақылауға қарағанда 54,8% жоғары өнім қалыптастырып, 16,8 ц/га көрсеткішіне жетті. Сакура сорты толық биотыңайтқыштар схемасына оң реакция көрсетіп, бақылаудан 5,0 ц/га артық өнім берді және 13,8 ц/га деңгейіне жетті. Жалпы алғанда, себу алдындағы инокуляция және биотыңайтқыштар қолдану бұршақ, ноғатық және жасымық дақылдарының өнім құрылымын жақсартып, өнімділігін едәуір арттырды.

Шырайлы сортының қатараралығы 30 см-де өнімділік 2024 жылы фосфобациринмен өңделген нұсқада 16,8 ц/га болса, 2025 жылы ризовит АКС пен өңделген нұсқада 17,4 ц/га болды. Бұл бақылау нұсқасымен салыстырғанда 5,2-5,5 ц жоғары екенін байқауға болады. Шырайлы сортының қатараралығын 15 см-де,

өнімділік 2024 жылы фосфобациринмен өңделген нұсқада 14,2 ц/га болса, 2025 жылы ризовит АКС пен өңделген нұсқада 15,7 ц/га болды. Ал бақылау нұсқасы биотыңайтқыштар мен өңделген нұсқалармен салыстырғанда 5-5,6 ц төмен.

Жасымықтың сорттары тұқымның ірілігіне қарай көлемі бойынша әртүрлі өнім қалыптастырды, сондықтан екі сортты да басқа шаруашылық-бағалы белгілері бойынша одан әрі зерделеу қажет.

Қаржыландыру. Ғылыми жұмыс 2024-2026 жылдары аралығында атқарылып жатқан ҚР Ауыл шаруашылығы министрлігінің бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру аясында BR22885414 «Заманауи биология әдістердің негізінде дәнді бұршақ дақылдарының өнімділігі жоғары сорттарын құру, олардың сорттық технологиясын және бастапқы тұқым шаруашылығын жасау» тақырыбы аясында орындалды.

Әдебиеттер:

[1] **Hosseinzadeh, S. R.**, Ahmadpour R. Evaluation of vermicompost fertilizer application on growth, nutrient uptake and photosynthetic pigments of lentil (*Lens culinaris* Medik.) under moisture deficiency conditions // *Journal of Plant Nutrition*. 2018. Vol. 41, № 10. P. 1276–1284. <https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1450419>

[2] **Turk, M.A.**, Tawaha A.M., El-Shatnawi M.K. J. Response of lentil (*Lens culinaris* Medik.) to plant density, sowing date, phosphorus fertilization and ethephon application in the absence of moisture stress // *Journal of Agronomy and Crop Science*. 2003. Vol. 189, № 1. P. 1–6. <https://doi.org/10.1046/j.1439-037X.2003.00002.x>

[3] Effect of plant growth-promoting rhizobacteria on growth, nodulation and nutrient accumulation of lentil under controlled conditions / M. Zafar, M. K. Abbasi, M. A. Khan, A. Khaliq, T. Sultan, M. Aslam // *Pedosphere*. 2012. Vol. 22, № 6. P. 848–859. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(12\)60071-X](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(12)60071-X)

[4] **Есаулко, А.Н.**, Галда Д. Е. Влияние минеральных удобрений на агрохимические показатели чернозема и продуктивность чечевицы в условиях Ставропольского края // *Плодородие*, 2016. – № 6(93). – С. 21–23.

[5] **Шляпина, М.С.**, Гладков Д. В. Влияние органических удобрений на величину листовой поверхности и урожайность чечевицы // *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*, 2016. – № 2(39). – С. 54–59.

[6] Assessing the effectiveness of agricultural conservation practices in maintaining soil organic carbon under contrasting agroecosystems and changing climate / H. T. Gollany, S. J. DelGrosso, C. J. Dell, P. R. Adler // *Soil Science Society of America Journal*. 2021. № 2. P. 1–18. <https://doi.org/10.1002/saj2.20232>.

[7] **Hosseinzadeh, S.R.**, Ahmadpour R. Evaluation of vermicompost fertilizer application on growth, nutrient uptake and photosynthetic pigments of lentil (*Lens culinaris* Medik.) under moisture deficiency conditions // *Journal of Plant Nutrition*. 2018. Vol. 41, № 10. P. 1276–1284. <https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1450419>.

[8] **Федюшкин, А.В.**, Пасько С.В. Эффективность возделывания чечевицы на черноземе обыкновенном в зависимости от нормы высева и доз минеральных удобрений // *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]*, 2021. – Т. 11. – № 2. – С. 174–186. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1203> (дата обращения: 01.03.2022). <https://doi.org/10.31774/2222-1816-2021-11-2-174-186>

[9] **Наумкина, Т.С.**, Грядунова Н.В., Наумкин В.В. Чечевица – ценная зернобобовая культура // *Зернобобовые и крупяные культуры*, 2015. – № 2(14). – С. 42–45.

[10] **Балашов, В. В.**, Балашов А. В. Волгоградский нут: монография. – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2013. – 108 с.

[11] **Гатаулина, Г.Г.**, Бельштина М.Е. Соя и другие зернобобовые культуры: импортировать или производить? // *Достижения науки и техники АПК*, 2017. – Т. 31. – № 8. – С. 5–11.

[12] **Вошедский, Н.Н.**, Кулыгин В.А. Влияние элементов технологии возделывания на урожайность чечевицы в богарных условиях Ростовской области // *Достижения науки и*

техники АПК, 2020. – Т. 34. – № 11. – С. 43–47. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-11106>

[13] Приемы возделывания чечевицы в богарных условиях Ростовской области / В.А.Кулыгин, А.И. Клименко, Н.Н. Вошедский, А.В. Гринько, О.А. Целуйко // Зернобобовые и крупяные культуры, 2020. – № 4(36). – С. 47–54. <https://doi.org/10.24411/2309-348X2020-11204>

[14] **Елисеева, Л.В.** Влияние разнокачественности семян на продуктивность чечевицы / Л.В. Елисеева, О.В. Каюкова, И.П. Елисеев // Агроэкологические и организационно-экономические аспекты создания и эффективного функционирования экологически стабильных территорий: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Чебоксары: Чувашская ГСХА, 2017. – С. 47-49.

[15] **Елисеева, Л.В.** Влияние агротехнических приемов на формирование качества семян чечевицы / Л. В. Елисеева, И. П. Елисеев, А. В. Калгина // Научно-образовательные и прикладные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции: сборник материалов Международной научно-практической конференции. – Чебоксары Чувашская ГСХА, 2019. – С. 24-30.

[16] **Елисеева, Л.В.** Влияние способов и норм высева на продуктивность чечевицы / Л.В. Елисеева, А.В. Калгина, Н.П. Иванова // Научно-образовательные и прикладные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки Российской Федерации, Чувашской АССР, Почетного работника высшего профессионального образования Российской Федерации, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Александра Ивановича Кузнецова. – Чебоксары: Чувашский ГАУ, 2020. – С. 128-131.

[17] **Шевцова, Л.П.** Адаптивность и совершенствование технологии производства чечевицы тарелочной в степном Поволжье / Л. П. Шевцова, А. Ф. Дружкин // Аграрный научный журнал, 2016. – № 1. – С.40-43.

[18] **Елисеева, Л.В.** Влияние крупности семян на продуктивность зерновых бобовых культур / Л. В. Елисеева, О. В. Каюкова, И. П. Елисеев // Инновационные технологии в полеводстве и декоративном растениеводстве: материалы II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. – Лесниково: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т. С. Мальцева, 2018. – С. 51-53.

[19] **Маракаева, Т.В.** Влияние сроков посева на урожайность чечевицы в южной степи Омской области / Т.В. Маракаева, Д.А. Ридель, И.Д. Трусков // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук, 2017. – № 2. – С. 99-101.

[20] **Сайкенова, А.Ж.**, Скрининг признаков коллекции чечевицы в условиях Алматинской области/ Кудайбергенов М.С., Нургасенов Т.Н.// Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты, 2025. – № 1(89). – С. 147-154.

[21] **Сайкенов, Б. Р.**, Жуматаев М. Е., Жамангараева А. Н., Сайкенова А. Ж., Хидиров К. Р., Аубакиров Н. П. Әртүрлі себу тәсілдері мен себу мөлшері кезінде жасымық дақылы өнімділігінің қалыптасуы // Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты, 2025. – № 2 (106). – С. 325–335. DOI: <https://doi.org/10.37884/2-2025/32>

References:

[1] **Hosseinzadeh, S. R.**, Ahmadpour R. Evaluation of vermicompost fertilizer application on growth, nutrient uptake and photosynthetic pigments of lentil (*Lens culinaris* Medik.) under moisture deficiency conditions // Journal of Plant Nutrition. 2018. Vol. 41, № 10. P. 1276–1284. <https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1450419>

[2] **Turk, M.A.**, Tawaha A.M., El-Shatnawi M.K. J. Response of lentil (*Lens culinaris* Medik.) to plant density, sowing date, phosphorus fertilization and ethephon application in the absence of moisture stress // Journal of Agronomy and Crop Science. 2003. Vol. 189, № 1. P. 1–6. <https://doi.org/10.1046/j.1439-037X.2003.00002.x>

[3] Effect of plant growth-promoting rhizobacteria on growth, nodulation and nutrient accumulation of lentil under controlled conditions / M. Zafar, M. K. Abbasi, M. A. Khan, A. Khaliq, T. Sultan, M. Aslam // Pedosphere. 2012. Vol. 22, № 6. P. 848–859. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(12\)60071-X](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(12)60071-X)

- [4] **Esaulko, A.N.**, Galda D. E. Vlijanie mineral'nyh udobrenij na agrohimicheskie pokazateli chernozema i produktivnost' chechevicy v uslovijah Stavropol'skogo kraja // *Plodorodie*, 2016. – № 6(93). – S. 21–23. [in Russian]
- [5] **Shljapina, M.S.**, Gladkov D. V. Vlijanie organicheskikh udobrenij na velichinu listovoj poverhnosti i urozhajnost' chechevicy // *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2016. – № 2(39). – S. 54–59. [in Russian]
- [6] Assessing the effectiveness of agricultural conservation practices in maintaining soil organic carbon under contrasting agroecosystems and changing climate / H. T. Gollany, S. J. DelGrosso, C. J. Dell, P. R. Adler // *Soil Science Society of America Journal*. 2021. № 2. R. 1–18. <https://doi.org/10.1002/saj2.20232>.
- [7] **Hosseinzadeh, S.R.**, Ahmadpour R. Evaluation of vermicompost fertilizer application on growth, nutrient uptake and photosynthetic pigments of lentil (*Lens culinaris* Medik.) under moisture deficiency conditions // *Journal of Plant Nutrition*. 2018. Vol. 41, № 10. P. 1276–1284. <https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1450419>.
- [8] **Fedjushkin, A.V.**, Pas'ko S.V. Jefferktivnost' vzdelyvanija chechevicy na chernozeme obyknovenom v zavisimosti ot normy vyseva i doz mineral'nyh udobrenij // *Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii [Elektronnyj resurs]*, 2021. – T. 11. – № 2. – S. 174–186. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1203> (data obrashhenija: 01.03.2022). <https://doi.org/10.31774/2222-1816-2021-11-2-174-186> [in Russian]
- [9] **Naumkina, T.S.**, Grjadunova N.V., Naumkin V.V. Chechevica – cennaja zernobobovaja kul'tura // *Zernobobovye i krupjanye kul'tury*, 2015. – № 2(14). – S. 42–45. [in Russian]
- [10] **Balashov, V.V.**, Balashov A.V. Volgogradskij nut: monografija. – Volgograd: Volgogradskij GAU, 2013. – 108 s. [in Russian]
- [11] **Gataulina, G.G.**, Belyshkina M.E. Soja i drugie zernobobovye kul'tury: importirovat' ili proizvodit'? // *Dostizhenija nauki i tehniki APK*, 2017. – T. 31. – № 8. – S. 5–11. [in Russian]
- [12] **Voshedskij, N.N.**, Kulygin V.A. Vlijanie jelementov tehnologii vzdelyvanija na urozhajnost' chechevicy v bogarnyh uslovijah Rostovskoj oblasti // *Dostizhenija nauki i tehniki APK*, 2020. – T. 34. – № 11. – S. 43–47. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-11106> [in Russian]
- [13] Priemy vzdelyvanija chechevicy v bogarnyh uslovijah Rostovskoj oblasti / V.A.Kulygin, A.I. Klimenko, N.N. Voshedskij, A.V. Grin'ko, O.A. Celujko // *Zernobobovye i krupjanye kul'tury*, 2020. – № 4(36). – S. 47–54. <https://doi.org/10.24411/2309-348X2020-11204> [in Russian]
- [14] **Eliseeva, L.V.** Vlijanie raznokachestvennosti semjan na produktivnost' chechevicy / L.V. Eliseeva, O.V. Kajukova, I.P. Eliseev // *Agrojekologicheskie i organizacionno-jekonomi-cheskie aspekty sozdaniya i jefferktivnogo funkcionirovanija jeologicheskij stabil'nyh terri-torij: materialy Vserossijskoj nauchnoprakticheskij konferencii*. – Cheboksary: Chuvashskaja GSHA, 2017. – S. 47–49. [in Russian]
- [15] **Eliseeva, L.V.** Vlijanie agrotehnicheskikh priemov na formirovanie kachestva se-mjan chechevicy / L. V. Eliseeva, I. P. Eliseev, A. V. Kalgina // *Nauchno-obrazovatel'nye i prikladnye aspekty proizvodstva i pererabotki sel'skohozjajstvennoj produkcii: sbornik materialov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskij konferencii*. – Cheboksary Chuvashskaja GSHA, 2019. – S. 24–30. [in Russian]
- [16] **Eliseeva, L.V.** Vlijanie sposobov i norm vyseva na produktivnost' chechevicy / L.V. Eliseeva, A.V. Kalgina, N.P. Ivanova // *Nauchno-obrazovatel'nye i prikladnye aspekty proizvodstva i pererabotki sel'skohozjajstvennoj produkcii: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskij konferencii, posvjashhennoj 90-letiju so dnja rozhdenija zasluzhennogo deja-telja nauki Rossijskoj Federacii, Chuvashskoj ASSR, Pochetnogo rabotnika vysshego profes-sional'nogo obrazovanija Rossijskoj Federacii, doktora sel'skohozjajstvennyh nauk, profes-sora Aleksandra Ivanovicha Kuznecova*. – Cheboksary: Chuvashskij GAU, 2020. – S. 128–131. [in Russian]
- [17] **Shevcova, L.P.** Adaptivnost' i sovershenstvovanie tehnologij proizvodstva chechevicy tarelochnoj v stepnom Povolzh'e / L. P. Shevcova, A. F. Druzhkin // *Agrarnyj nauchnyj zhurnal*, 2016. – № 1. – S.40–43. [in Russian]
- [18] **Eliseeva, L.V.** Vlijanie krupnosti semjan na produktivnost' zernovyh bobovyh kul'tur / L.

V. Eliseeva, O. V. Kajukova, I. P. Eliseev // Innovacionnye tehnologii v polevom i dekorativnom rastenievodstve: materialy II Vserossijskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskoy konferencii. – Lesnikovo: Kurganskaja gosudarstvennaja sel'skhozjajstvennaja akademija im. T. S. Mal'ceva, 2018. – S. 51-53. [in Russian]

[19] **Marakaeva, T.V.** Vlijanie srokov poseva na urozhajnost' chechevicy v juzhnoj stepi Omskoj oblasti / T.V. Marakaeva, D.A. Ridel', I.D. Trusov // Aktual'nye problemy gumanitarnyh i estestvennyh nauk, 2017. – № 2. – S. 99-101. [in Russian]

[20] **Sajkenova, A.Zh.**, Skrining priznakovoj kollekcii chechevicy v uslovijah Alma-tinskoj oblasti/ Kudajbergenov M.S., Nurgasenov T.N.// Izdenister, nätizheler – Issledovaniya, rezul'taty, 2025. – № 1(89). – S. 147-154. [in Russian]

[21] **Sajkenov, B. R.**, Zhumataev M. E., Zhamangaraeva A. N., Sajkenova A. Zh., Hidirov K. R., Aubakirov N. P. Әrtырлі себу тәсilderi мен себу мөлшері кезінде зhasymyq дакылы өнімділігінin қалыптасуы // Izdenister, nätizheler – Issledovaniya, rezul'taty, 2025. – № 2 (106). – S. 325–335. DOI: <https://doi.org/10.37884/2-2025/32>. [in Kazakh]

ВЛИЯНИЕ МИКРОУДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТОВ ЧЕЧЕВИЦЫ

Сайкенов Б.Р.¹, кандидат сельскохозяйственных наук, профессор

Жуматаев М.Е.¹, старший преподаватель

Жамангараева А.Н.¹, магистр сельскохозяйственных наук

Хидилов К.Р.¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ассоциированный профессор

Сайкенова А.Ж.², PhD

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

²ТОО «Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства»
Алматы қ., Казахстан

Аннотация. Чечевица (лат. *Lens culinaris*) — однолетняя бобовая культура семейства бобовых (Fabaceae). Является одной из сельскохозяйственных культур, широко выращиваемых в качестве ценного пищевого и кормового растения. В пищевой промышленности чечевица — зернобобовая культура, обладающая высокой пищевой и биологической ценностью, поэтому она широко используется в пищевой промышленности. Основные области применения в пищевой промышленности: переработка зерна и крупяные продукты, мука и полуфабрикаты, консервы и продукты быстрого приготовления, мясо-белковые продукты растительного происхождения, диетические и функциональные продукты питания, а также медицина, где он широко используется при производстве красителей.

Чечевица важна в качестве корма для животных благодаря высокому содержанию белка, хорошей усвояемости и биологической ценности. В животноводстве чечевицу используют в виде зерна, соломы, шелухи и отходов переработки. Семена чечевицы делятся на два вида: крупносемянные и мелкосемянные.

Кратко описывая его ботанические характеристики, стебель: прямостоячий, тонкий, высотой 20–60 см, ветвистый, листья: очередные, перистые, с усиками на верхушке, цветки: мелкие, часто белые, голубоватые или фиолетовые; в пазухах листьев расположены 1–4 штуки, плод: стручок, форма зерна плоская, внутри 1–2 семени, семена: круглые или слегка плоские, цвет: коричневый, желтый, зеленый или красновато-коричневый, размер и окраска варьируются в зависимости от сорта.

В статье приведены сведения об изучении влияния способов и норм посева на структуру урожая чечевицы. В настоящее время перед наукой и сельским хозяйством стоит задача оздоровления чечевицы. В научных исследованиях изучались новые районированные крупносемянные сорта Шырайли и Сакура, а также мелкосемянный сорт Крапинка. В результате исследований установлено, что урожайность чечевицы сорта Шырайлы при междурядьях 30 см в 2024 году на варианте с фосфобацирином составила 16,8 ц/га, а в 2025

году на варианте с нитрагином – 17,4 ц/га. Видно, что это на 5,2-5,5 ц выше контрольного варианта. Междуярья сорта Шырайлы составляли 15 см, а урожайность в 2024 году на варианте с обработкой фосфобацирином составила 14,2 ц/га, а в 2025 году на варианте с обработкой нитрагином – 15,7 ц/га. При этом контрольный вариант был на 5-5,6 ц ниже вариантов с микроудобрениями и обработкой.

Ключевые слова: сорта чечевицы, нитрагин, фосфобацирин, урожайность, биоудобрение, богара.

THE EFFECT OF MICROFERTILIZERS ON THE YIELD OF PROMISING LENTIL VARIETIES

Saikenov B.R.¹, candidate of Agricultural Sciences, Professor

Zhumataev M.E.¹, senior lecturer

Zhamangaraeva A.N.¹, master of Agricultural Sciences

Khidirov K.R.¹, candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

Saikenova A.Zh.², PhD

¹*Kazakhsky National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan*

²*LPP «Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing», Almaty, Kazakhstan*

Abstract. Brief description of lentils: Lentils (Latin: *Lens culinaris*) are an annual legume of the legume family (Fabaceae). They are one of the agricultural crops widely grown as a valuable food and forage crop. In the food industry, lentils are a legume crop with high nutritional and biological value, so they are widely used in the food industry. The main areas of application in the food industry are: grain processing and cereal products, flour and semi-finished products, canned and instant foods, plant-based meat and protein products, dietary and functional foods, as well as medicine, where it is widely used in the production of dyes.

Lentils are important as animal feed due to their high protein content, good digestibility, and biological value. In livestock farming, lentils are used as grain, straw, husks, and processing waste. Lentil seeds are divided into two types: large-seeded and small-seeded.

Briefly describing its botanical characteristics, stem: erect, thin, 20–60 cm high, branched, leaves: alternate, pinnate, with tendrils at the top, flowers: small, often white, bluish or purple; 1-4 pieces are located in the axils of the leaves, fruit: pod, the shape of the grain is flat, inside there are 1-2 seeds, seeds: round or slightly flat, color: brown, yellow, green or reddish-brown, size and color vary depending on the variety.

This article presents data on the impact of sowing methods and rates on lentil yield structure. Currently, science and agriculture are faced with the challenge of improving lentil health. Scientific research examined new zoned large-seeded varieties Shyrayli and Sakura, as well as the small-seeded variety Krapinka. As a result of the research, it was established that the yield of the Shyrayli lentil variety with 30 cm row spacing in 2024 in the variant with phosphobacirin was 16.8 c/ha, and in 2025 in the variant with nitragin - 17.4 c/ha. Clearly, this is 5.2-5.5 centners higher than the control variant. Row spacing for the Shyrayli variety was 15 cm, and the yield in 2024 with the phosphobacirin treatment was 14.2 centners per hectare, while in 2025 with the nitragin treatment, it was 15.7 centners per hectare. Meanwhile, the control variant was 5-5.6 centners lower than the variants with microfertilizers and treatment.

Keywords: lentil varieties, nitragin, phosphobacirin, yield, biofertilizer, dry farming.

МОРФОГЕНЕТИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ТЁМНО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВ ЗАЛЕЖИ АКМОЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ И СТЕПЕНЬ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПРОФИЛЯ

Жетібайқызы Н.¹, магистр сельскохозяйственных наук
n_a_z_87@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>

Кенжегулова С.О.¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ассоциированный профессор
saya_keng@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2558-2417>

Серекпаев Н.А.², доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник
nurlanserekpaev1@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-0774-4750>

Ногаев А.А.¹, PhD, ассоциированный профессор
adilbek_nogaev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8826-817X>

Муханов Н.К.¹, PhD, ассоциированный профессор
muhanov1984@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4315-7414>

¹*Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, г.Астана, Казахстан*

²*ТОО «AgroInnovaConsalt», г.Астана, Казахстан*

Аннотация. В статье представлены результаты исследования морфогенетического состояния тёмно-каштановых почв залежных земель сухостепной зоны Акмолинской области и степени восстановления их почвенного профиля после длительного агрогенного использования. Актуальность работы обусловлена тем, что в Северном Казахстане значительные площади ранее распаханых земель выведены из сельскохозяйственного оборота и перешли в категорию залежных угодий, где активно развиваются процессы постагрогенной сукцессии.

Цель исследования заключалась в оценке морфогенетического состояния почв залежи и определении степени восстановления их профиля по сравнению с целинными и пахотными почвами. Объектами исследования служили тёмно-каштановые среднесуглинистые почвы. Были проведены морфологическое описание почвенных профилей и агрохимическая оценка с определением содержания гумуса, реакции среды, нитратного азота, подвижного фосфора и обменного калия.

Установлено, что залежные почвы характеризуются формированием дернового слоя мощностью 3–5 см и постепенным восстановлением гумусового горизонта. Содержание гумуса составляет 3,7%, что на 60,8% выше по сравнению с пашней (2,3%), но на 19,6% ниже, чем на целине (4,6%). Реакция среды варьирует от pH 7,0 до pH 7,5, при этом для залежи характерно значение pH 7,2. Содержание нитратного азота составляет 26,4 мг/кг, 18,6 мг/кг и 11,8 мг/кг соответственно. Показатели подвижного фосфора (20,4 мг/кг) и обменного калия (258 мг/кг) занимают промежуточное положение. Полученные данные подтверждают восстановление плодородия почв.

Ключевые слова: тёмно-каштановые почвы, залежь, постагрогенная сукцессия, морфогенез почв, гумусовый горизонт, почвенный профиль, восстановление плодородия, Северный Казахстан.

Введение. Тёмно-каштановые почвы являются одним из наиболее распространённых типов почв сухостепной зоны Евразии и занимают значительные площади в Северном Казахстане. Они формируются в условиях резко континентального климата при относительно ограниченном атмосферном увлажнении и под ковыльно-типчаковой степной растительностью. Особенности природно-климатических условий региона определяют специфические процессы

почвообразования, связанные с гумусонакоплением, карбонатизацией и формированием характерного генетического профиля почвы [1-8].

В пределах Акмолинской области тёмно-каштановые почвы широко используются в сельскохозяйственном производстве и составляют основу пахотного фонда региона. Однако длительное сельскохозяйственное использование, особенно интенсивная распашка земель в период освоения целины, привело к существенным изменениям их морфологических и агрохимических свойств. Установлено, что интенсивная обработка почвы способствует разрушению агрегатной структуры, уменьшению содержания гумуса и ухудшению водно-физических свойств почвенного профиля [9-11].

В последние десятилетия структура землепользования в Северном Казахстане существенно изменилась. Экономические преобразования и реформирование аграрного сектора привели к сокращению площади пашни и появлению значительных массивов залежных земель. По данным современных исследований, значительная часть ранее распаханых территорий в степной зоне Казахстана была выведена из сельскохозяйственного оборота и перешла в категорию залежных угодий, где начали протекать процессы естественного восстановления растительного покрова и почвенного плодородия [12-14].

Залежные земли представляют особый интерес для почвоведческих исследований, поскольку они позволяют проследить процессы сукцессии растительного покрова и восстановления почвенного профиля после длительного антропогенного воздействия. В условиях естественного зарастания происходит постепенное накопление органического вещества, формирование дернового слоя и постепенное восстановление структуры почвы. Эти процессы способствуют улучшению физико-химических свойств почвы и повышению её биологической активности [15].

По данным Lal (2016), накопление органического углерода является ключевым фактором восстановления деградированных почвенных экосистем и повышения устойчивости агроландшафтов [16]. Аналогичные результаты получены в исследованиях степных экосистем Европы и Азии, где показано, что восстановление гумусового состояния и структуры почвы на залежных землях происходит постепенно и может занимать несколько десятилетий [17]. В условиях засушливого климата степных регионов эти процессы протекают медленнее вследствие ограниченного поступления органического вещества и недостаточного увлажнения.

В Северном Казахстане вопросы восстановления почвенного плодородия залежных земель активно изучаются отечественными учёными. В работах Можаяева Н.И., Серекпаева Н.А., Стыбаева Г.Ж. и других исследователей отмечается, что зарастание залежных участков многолетними травами способствует улучшению агрофизических свойств почвы и постепенному восстановлению гумусового горизонта [18-21].

В условиях современного земледелия особое значение приобретают вопросы устойчивого управления почвенными ресурсами. Международные исследования показывают, что деградация почв является одной из ключевых экологических проблем сельского хозяйства, а восстановление почвенных экосистем требует комплексного подхода, включающего биологизацию земледелия, внедрение почвозащитных технологий и рациональное использование земельных ресурсов [22].

Несмотря на значительное количество исследований, морфогенетическое состояние тёмно-каштановых почв залежных земель Северного Казахстана изучено недостаточно. Особенно важным является сравнительное изучение почвенных профилей целины, пашни и залежи, позволяющее оценить степень восстановления

генетических горизонтов и выявить основные закономерности трансформации почвенного профиля.

Цель исследования – оценить морфогенетическое состояние тёмно-каштановых почв залежных земель Акмолинской области и определить степень восстановления почвенного профиля по сравнению с целинными и пахотными почвами.

Задача исследования – заключалась в выявлении особенностей трансформации морфогенетических признаков почвенного профиля тёмно-каштановых почв залежных земель сухостепной зоны Акмолинской области и оценке степени восстановления гумусового горизонта.

Материалы и методы. Исследования проводились в сухостепной зоне Северного Казахстана на территории Акмолинской области в 2017-2022 гг. Регион характеризуется резко континентальным климатом, относительно низким уровнем атмосферного увлажнения и значительной межгодовой изменчивостью погодных условий. Среднегодовое количество осадков составляет 250-350 мм, при этом более 70% осадков выпадает в тёплый период года.

Почвенный покров исследуемой территории представлен преимущественно тёмно-каштановыми почвами, сформированными под ковыльно-типчаковой степной растительностью.

Объектами исследования являлись: целинные участки; пахотные земли; залежные территории различного возраста.

Полевые исследования проводились методом закладки почвенных разрезов глубиной профиля 1,0-1,5 м. Морфологическое описание почвенных профилей выполнялось по генетико-морфологическому методу с учётом следующих показателей: мощность генетических горизонтов; окраска почвы; структура; плотность сложения; наличие карбонатных новообразований; распределение корневых остатков растений [23,24].

Морфологическая диагностика горизонтов проводилась согласно методическим рекомендациями полевых почвенных исследований [24,25].

Лабораторные анализы выполнялись по следующим методикам: содержание гумуса - по методу Тюрина в модификации Симакова; гранулометрический состав – пипеточным методом Н.А. Качинского; карбонаты - газометрическим методом; реакция почвенной среды (рН) - потенциометрическим методом; плотность сложения - цилиндрическим методом [24,26].

Подвижные формы фосфора и калия определяли по методу Б.П. Мачигина [24,26]. Легкогидролизуемый азот определяли по методу Тюрина и Кононовой [24,26].

Статистическая обработка данных выполнялась методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову с использованием программ Microsoft Excel и Statistica [27].

Результаты и обсуждение. Морфогенетическая трансформация профиля тёмно-каштановых почв при смене режима землепользования. Сопоставление морфологического строения почвенных профилей целины, пашни и залежи показывает, что переход от естественного степного ценоза к длительному пахотному использованию, а затем к постагрогенному состоянию сопровождается закономерной перестройкой верхней части профиля (рисунок 1, таблица 1). На целине гумусовый горизонт А имеет мощность 30-35 см, тёмно-серую с коричневатым оттенком окраску и хорошо выраженную мелкозернистую либо пороховато-мелкокомковатую структуру. Такая организация профиля является диагностическим признаком устойчивого гумусонакопления в условиях многолетнего развития ковыльно-типчаковой растительности и регулярного поступления корневых и поверхностных растительных остатков [1-7].

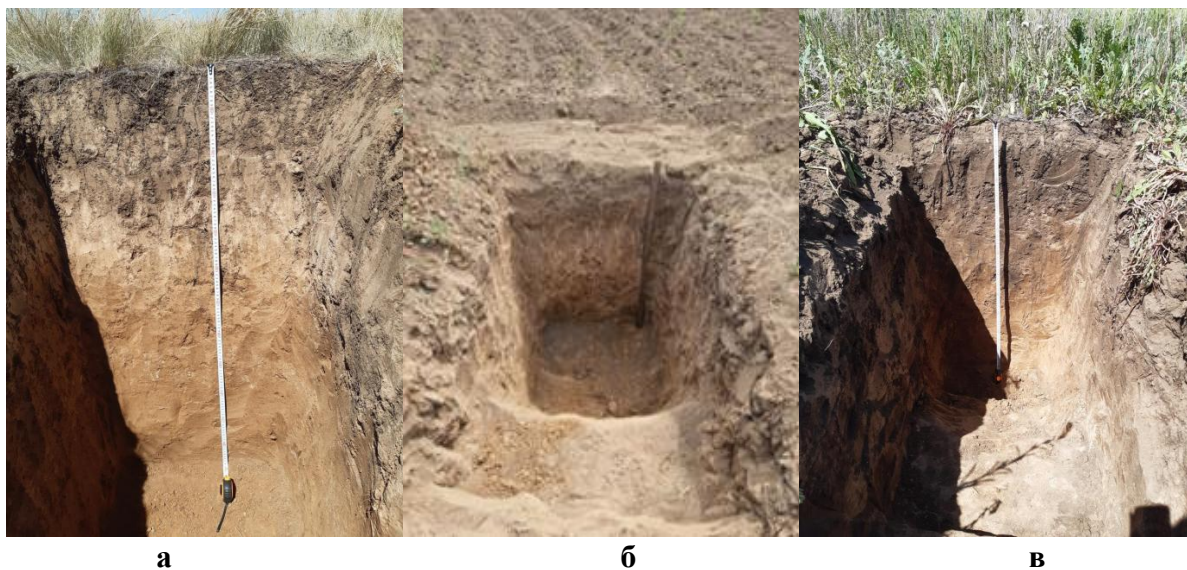


Рисунок 1 – Схема почвенного профиля (а – целина; б – пашня; в – залежь)

В пахотных почвах верхний горизонт представлен агрогенно трансформированным горизонтом Ар мощностью 20-25 см. Его укороченность по сравнению с целиной отражает как частичную минерализацию органического вещества, так и механическое перемешивание поверхностного слоя при многолетней обработке.

Таблица 1 – Морфологическая характеристика почвенных горизонтов

Тип участка	Горизонт	Глубина, см	Окраска	Структура
Целина	А	0–35	Коричневато-тёмно-серая	Пороховато-мелкозернистая
Залежь	А	5–30	Бурая	Комковатая
Пашня	Ар	0–25	Серо-бурая	Пылевато-комковатая

Более светлая серо-бурая окраска, пылевато-комковатая структура и наличие уплотнённого подпахотного слоя указывают на ослабление естественной комковато-зернистой организации и ухудшение агрегатного состояния. Подобные изменения являются типичными для степных почв, длительно используемых в пашне, и связаны с разрушением водопрочных агрегатов, потерей органического цемента и повышением плотности сложения [2-9].

На залежи профиль приобретает иные черты. Появление поверхностного горизонта А0 (дернины) мощностью 0-5 см указывает на восстановление дернового процесса и возобновление биологической аккумуляции органического материала в самой верхней части профиля. Ниже формируется гумусовый горизонт А мощностью 25-30 см, по морфологии и окраске более близкий к естественному, чем к пахотному состоянию. Комковатая структура и обилие корневых остатков подтверждают, что в залежных условиях активизируются процессы биологического структурообразования. Следовательно, уже на уровне полевой морфологии залежь демонстрирует движение почвы в сторону восстановления зонального профиля, хотя полного возврата к целинному состоянию ещё не происходит.

Такое промежуточное положение залежных почв вполне закономерно. Международные исследования показывают, что прекращение распашки приводит к сравнительно быстрому восстановлению поверхностных морфологических признаков, но более медленному восстановлению почвенного углерода, агрегатного состава и глубоких горизонтов. В частности, в обзоре по постагрогенному восстановлению почвенного углерода показано, что положительные изменения после отказа от обработки обычно проявляются на протяжении десятилетия и более, тогда как достижение состояния, сопоставимого с естественными экосистемами, требует существенно большего времени [28].

Восстановление гумусового состояния как ключевой показатель постагрогенной эволюции. По данным таблицы 2 содержание гумуса в почвах целины составляет 4,6%, в залежных почвах – 3,7%, в пахотных – 2,3%. Следовательно, залежь по этому признаку занимает действительно промежуточное положение между естественным и агрогенно нарушенным состоянием (Рисунок 2). По сравнению с пашней содержание гумуса в залежи выше на 1,4 процентного пункта, или на 60,9%, а по сравнению с целиной недовосстановление составляет 0,9 процентного пункта. Иначе говоря, залежные почвы уже восстановили около 80,4% гумусового уровня, характерного для целинных аналогов.

Таблица 2 – Агрохимические показатели почв

Тип участка	Гумус, %	pH	NH ₄ NO ₃ , мг/кг	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг
Целина	4,6	7,0	26,4	28,5	302
Залежь	3,7	7,2	18,6	20,4	258
Пашня	2,3	7,5	11,8	13,6	216

Этот результат имеет принципиальное значение, поскольку именно гумусовое состояние служит интегральным показателем степени постагрогенной ренатурализации почвы. Повышение гумуса в залежи объясняется сочетанием нескольких механизмов: прекращением механического рыхления и связанной с ним аэрации, снижением темпов минерализации органического вещества, поступлением в почву корневых остатков многолетних трав, формированием дернины и стабилизацией органо-минеральных комплексов. В отличие от пашни, где ежегодное возделывание способствует диспергированию агрегатов и ускоренному разложению органического вещества, залежный режим формирует более благоприятные условия для накопления углерода и восстановления гумусового профиля [4-5].

Полученные данные хорошо согласуются с современными зарубежными исследованиями. По материалам Geoderma Regional, в заброшенных пашнях после 10 лет сукцессии наблюдается статистически значимое увеличение содержания и запасов органического углерода, причём наиболее выраженные изменения происходят именно в верхнем горизонте, который наиболее чувствителен к изменениям режима землепользования [29]. В исследовании Catena отмечено, что отказ от обработки земли в большинстве случаев ведёт к восстановлению запасов органического вещества, однако темпы накопления углерода сильно зависят от климата, типа растительности и продолжительности восстановительного периода; при этом процесс является медленным и не всегда линейным [28].

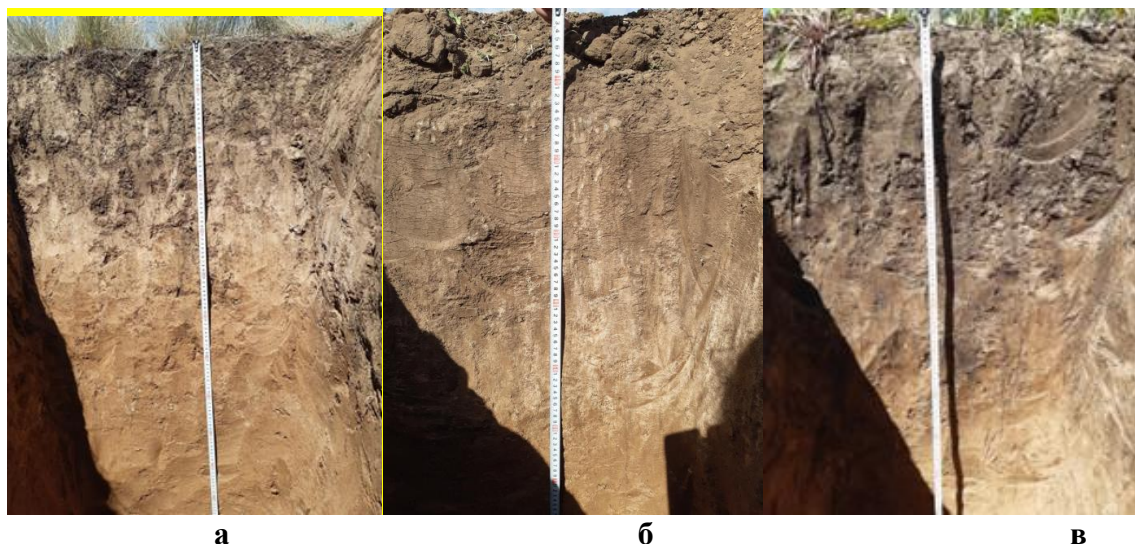


Рисунок 2 – Сравнение мощности гумусового горизонта(а – целина; б – пашня; в – залежь)

Для степных территорий России и Казахстана вопрос особенно важен в связи с высокой климатической уязвимостью углеродного пула. Модельные оценки для степей России и Казахстана показывают, что динамика почвенного органического углерода в регионе определяется совместным действием землепользования и климата, а последствия распашки и последующего изъятия земель из оборота сохраняются длительно[30]. Это особенно актуально для Акмолинской области, где ограниченное увлажнение и резко континентальный климат объективно замедляют темпы гумусонакопления по сравнению с более влажными регионами.

Изменение азотного режима и обеспеченности элементами минерального питания. Не менее показательны различия по содержанию нитратного азота, подвижного фосфора и обменного калия. В почвах целины содержание нитратного азота составляет 26,4 мг/кг, залежи - 18,6 мг/кг, пашни - 11,8 мг/кг. Следовательно, залежь превосходит пашню по этому показателю на 6,8 мг/кг, или на 57,6%. Более высокий уровень минерального азота в залежных почвах по сравнению с пашней обусловлен не только прекращением выноса с урожаем, но и восстановлением биологического круговорота веществ в системе «растительность–подстилка–почва». Многолетние злаково-разнотравные сообщества формируют развитую корневую систему, активизируют микробиологические процессы и создают условия для постепенного вовлечения органического азота в доступные формы.

По обеспеченности фосфором и калием залежные почвы также превосходят пахотные: содержание P_2O_5 составляет 20,4 мг/кг против 13,6 мг/кг, а K_2O - 258 мг/кг против 216 мг/кг. В относительном выражении это на 50,0% и 19,4% выше соответственно. Такая тенденция указывает на уменьшение агрогенного истощения верхнего горизонта и частичное восстановление биогеохимического цикла элементов. На пахотных землях подвижные формы фосфора и калия в течение длительного времени вовлекаются в продукционный процесс и выносятся с урожаем, тогда как на залежи происходит их более замкнутый внутрипочвенный и биотический круговорот. С биолого-экологических позиций восстановление азотного и фосфорного режимов особенно важно, поскольку именно эти элементы в сухостепных условиях часто являются лимитирующими для продуктивности растительности и скорости почвообразовательных процессов. Зарубежные исследования подтверждают, что при восстановлении растительности после прекращения обработки повышается микробная активность, увеличивается поступление органических субстратов в почву и улучшается

обеспеченность питательными элементами, что в свою очередь усиливает преобразование органического вещества и стабилизацию почвенных агрегатов [31].

Реакция среды и признаки карбонатности как индикатор глубины преобразований. Реакция почвенной среды изменяется от нейтральной на целине (рН 7,0) до слабощелочной на залежи (рН 7,2) и более выражено слабощелочной на пашне (рН 7,5). Такая направленность согласуется с морфологическими наблюдениями и может рассматриваться как косвенное свидетельство агрогенного нарушения верхней части профиля и относительного приближения карбонатного фронта к поверхности при длительном сельскохозяйственном использовании. В целинных условиях лучше выраженный гумусовый горизонт и более активный биогенный круговорот способствуют определённой буферности верхнего слоя. На пашне вследствие снижения содержания органического вещества и изменения водного режима возможна относительная интенсификация щелочной реакции.

Для залежи характерно промежуточное состояние: с одной стороны, агрогенное наследие ещё сохраняется, с другой – начинается постепенное восстановление буферных свойств верхнего горизонта. С учётом того, что карбонатный горизонт Вк в исследованных профилях располагается на глубине 55-90 см, можно сделать вывод, что основные восстановительные изменения в первую очередь затрагивают верхние 25-30 см профиля, а глубокие карбонатные горизонты сохраняют сравнительно стабильные диагностические признаки. Это соответствует общему положению почвоведения о том, что постагрогенная эволюция в начальные и средние сроки сильнее выражена в гумусово-аккумулятивной толще, тогда как нижележащие горизонты трансформируются существенно медленнее [9-12].

Агрегатное состояние и биологизация профиля как отражение самовосстановления почвы. Полевое описание показало, что на целине структура верхнего горизонта пороховато-мелкозернистая, на пашне - пылевато-комковатая, на залежи - комковатая. На первый взгляд это качественная характеристика, однако именно она весьма информативна для оценки хода постагрогенных процессов. Разрушение мелкозернистой водопрочной структуры на пашне отражает потерю органического «склеивающего» материала, механическое воздействие обработки и снижение вклада корней многолетних трав в агрегатообразование. Формирование же комковатой структуры на залежи свидетельствует о возобновлении биогенного структурообразования и начавшейся стабилизации верхнего горизонта.

Эта интерпретация подтверждается современными зарубежными работами. В исследовании Geoderma с использованием микротомографии было показано, что после прекращения распахки устойчивость агрегатов возрастает уже в первые годы сукцессии, а организация порового пространства становится более благоприятной для стабилизации органического вещества и развития корневых систем [32]. В более поздних исследованиях Catena также установлено, что длительное выбытие пашни из обработки повышает долю крупных агрегатов и способствует накоплению органического углерода внутри агрегатных фракций [33].

Для рассматриваемых тёмно-каштановых почв этот механизм особенно важен. В сухостепной зоне главную роль в восстановлении структуры играют не столько высокие темпы гумусонакопления, сколько длительная и стабильная работа корневых систем многолетних трав, чередование увлажнения и иссушения, а также снижение механического разрушения почвенной массы. Поэтому даже при относительно умеренных темпах роста гумуса морфологические признаки структуры на залежи могут восстанавливаться заметнее и раньше, чем химические параметры достигают уровня целины.

Темпы восстановления: почему залежь ещё не тождественна целине.

Несмотря на положительную динамику, полученные результаты одновременно показывают и ограниченность самовосстановления в обозримые сроки. По всем основным показателям – мощности гумусового горизонта, содержанию гумуса, азота, фосфора и калия – залежь пока не достигает уровня целины. Это означает, что прекращение обработки земли само по себе запускает восстановительные процессы, но не обеспечивает мгновенного возврата к исходному состоянию.

Такой вывод согласуется с международными данными. В Ecological Applications показано, что естественная сукцессия на заброшенной пашне эффективно снижает эродируемость почвы и улучшает ряд показателей экосистемного функционирования, однако полное восстановление требует продолжительных сроков и зависит от условий конкретного ландшафта [34]. В работе 2024 года в Catena подчёркивается, что положительные изменения физических свойств почвы, запасов углерода и питательных веществ после забрасывания сельхозугодий чаще всего становятся отчётливо выраженными только через 10-20 лет [35].

Обзор по восстановлению экосистемных функций указывает, что нижепочвенная многофункциональность в среднем восстанавливается лишь частично в первые два десятилетия после прекращения земледелия [36].

Следовательно, установленное нами промежуточное положение залежных тёмно-каштановых почв является не отклонением, а закономерной стадией постагрогенной сукцессии. Для сухостепных условий Акмолинской области с годовой суммой осадков 250-350 мм этот процесс объективно замедлен. Ограниченное увлажнение сдерживает как темпы продукции фитомассы, так и скорость образования гумуса, а резко континентальный климат усиливает межгодовую изменчивость восстановительных процессов. Поэтому положение о том, что для более полного восстановления гумусового профиля могут потребоваться 20-30 лет и более, представляется вполне обоснованным и соответствует как нашим полевым данным, так и международным оценкам по постагрогенной эволюции почв [9].

Биолого-экологическое значение залежных земель в системе устойчивого землепользования. С экологической точки зрения залежные земли нельзя рассматривать только как «временно неиспользуемую пашню». По сути, это самостоятельный этап восстановления степного почвенно-растительного комплекса. Формирование дернового горизонта, повышение содержания гумуса и элементов питания, улучшение структуры и увеличение корнеобитаемости указывают на постепенное восстановление почвой функций углеродного депо, биогеохимического буфера и среды обитания почвенной биоты.

В более широком контексте это означает, что залежные земли могут играть важную роль в адаптации агроландшафтов к климатическим рискам, снижении деградационных процессов и стабилизации почвенного плодородия. Ряд исследований показывает, что восстановление растительного покрова на выбывших из оборота землях способствует росту углеродных запасов, уменьшению эрозионной опасности и повышению устойчивости сухих ландшафтов к экстремальным погодным колебаниям [34-37]. Для степной зоны Северного Казахстана это особенно важно, поскольку рациональное сочетание пашни, залежей, сенокосно-пастбищных угодий и почвозащитных технологий может стать одним из ключевых направлений устойчивого управления земельными ресурсами.

Таким образом, обсуждаемые результаты подтверждают, что морфогенетическое состояние залежных тёмно-каштановых почв Акмолинской области отражает реальный, но незавершённый процесс восстановления зонального профиля. Наиболее быстро регенерируют поверхностные морфологические и структурные признаки, несколько медленнее – гумусовое состояние и обеспеченность элементами питания, а

глубокие особенности профиля и полное соответствие целинному состоянию требуют значительно более длительного времени. Именно поэтому залежные земли следует рассматривать как важный природно-экологический ресурс, требующий не возврата к экстенсивной распашке, а дифференцированного и научно обоснованного использования.

Заключение. Проведённые исследования показали, что тёмно-каштановые почвы залежных земель Акимовской области находятся на стадии активной постагрогенной трансформации и частичного восстановления генетического профиля. По совокупности морфологических и агрохимических признаков залежные почвы занимают устойчивое промежуточное положение между целинными и пахотными аналогами.

Установлено, что в целинных условиях мощность гумусового горизонта составляет 30-35 см, тогда как в пахотных почвах она сокращается до 20-25 см. На залежных участках мощность гумусового горизонта достигает 25-30 см, а на поверхности формируется дерновый горизонт мощностью 0-5 см, что следует рассматривать как прямой морфологический признак восстановления почвообразовательного процесса. По содержанию гумуса залежные почвы существенно превосходят пашню: 3,7% против 2,3%, то есть на 60,9% выше, однако ещё уступают целине с уровнем 4,6%. Степень восстановления гумусового состояния залежи достигает около 80,4% от целинного аналога.

Аналогичная закономерность выявлена и по агрохимическим показателям. Содержание нитратного азота в залежных почвах составляет 18,6 мг/кг, что выше пашни на 57,6%; содержание подвижного фосфора - 20,4 мг/кг, что превышает пахотный уровень на 50,0%; содержание обменного калия - 258 мг/кг, что на 19,4% выше, чем на пашне. Реакция среды в залежных почвах имеет слабощелочной характер (рН 7,2) и также занимает промежуточное положение между целиной (рН 7,0) и пашней (рН 7,5).

В биолого-экологическом отношении залежные участки выполняют важную средообразующую и стабилизирующую функцию. Они обеспечивают накопление органического вещества, восстановление дернины, активизацию корнеобитаемого слоя и улучшение агрегатного состояния почвы. Вместе с тем исследование показало, что восстановление тёмно-каштановых почв в условиях сухой степи протекает медленно и не завершено даже при выраженной положительной динамике верхнего горизонта. Это свидетельствует о необходимости длительного временного горизонта для ренатурализации пахотных почв и подтверждает целесообразность научно обоснованного использования залежных земель в системе устойчивого земледелия и природопользования.

Литературы:

- [1] Баасандорж, Я., Дэлгэрцэцэг Р., Баярбат Г., Билгүүн Ө., Золзаяа Н., Гуркова Е.А., Андроханов В.А., Жеребцов С.И. Влияние степени деградации каштановых почв сухостепной зоны Монголии на их устойчивость и гумусное состояние. Достижение науки и техники АПК, 2019. – Т.33. – №7. – С. 29-32. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10707>
- [2] Доржготов, Д., Батхишиг О. Почвы. Почвенно-географическое районирование Монголии // Национальный Атлас Монголии. Улан-Батор: Изд-во МАН, 2009. – С. 120–126.
- [3] Tamura, K., Asano M., Jamsran U. Soil diversity in Mongolia // The Mongolian ecosystem network: environmental issues under climate and social changes. Ecological Research Monographs. Springer Science & Business Media, 2012. – PP. 89–103.
- [4] Wang, X., N. Hua, L. Lang etc. Spatial differences of aeolian desertification responses to

climate in arid Asia / X. Wang, N. Hua, L. Lang etc. // *Global and Planetary Change*. 2018. Vol. 148. PP. 22–28.

[5] **Lioubimtseva, E.** Food factors and trends in Central Asia // *Encyclopedia of Food Security and Sustainability*, 2019. – Vol. 3. – PP. 134–141.

[6] **Chen, T., A. Bao, G. Jiapaer etc.** Disentangling the relative impacts of climate change and human activities on arid and semiarid grasslands in Central Asia during 1982–2015 / T. Chen, A. Bao, G. Jiapaer etc. // *Science of The Total Environment*. 2019. Vol. 653. PP. 1311–1325.

[7] **Доржготов, Д., Батбаяр Д.** Систематика почв Монголии. – Улан-Батор: Изд-во МАН, 1986. – 251с.

[8] **Доржготов, Д.** Почвы Монголии. – Улан-Батор: АБМОК, 2003. – 370 с.

[9] **Панкова, Е.И.** Закономерности формирования почвенного покрова и особенности почв степей и пустынь Монголии // *Почвоведение*, 1997. – № 7. – С. 789–798.

[10] **Гаджиев, И.М.** Степи Центральной Азии / И. М. Гаджиев, А. Ю. Королук, А. А. Титлянова и др. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. 299 с.

[11] **Панкова, Е.И., Черноусенко Г. И.** Сопоставление каштановых почв Центральной Азии с их аналогами в других почвенно-географических провинциях сухостепной зоны суббореального пояса Евразии // *Аридные экосистемы*, 2018. – Т. 24. – № 2 (75). – С. 13–21.

[12] **Ибрагимова, В.А.,** Конюшков М. В., Голованов Д. Л. Опыт составления сравнительного анализа баз данных по целинным каштановым почвам Прикаспия (Россия и Казахстан) и Монголии // *Экосистемы: экология и динамика*, 2018. – Т. 2. – № 4. – С. 106–131.

[13] **Saparov, A.S.** State and rational use of soil and land resources of the Republic of Kazakhstan. *Почвоведение и агрохимия*, 2019. – №2. – С. 10-20.

[14] **Kenenbaev, S.** Jorganskij A. (2013) Greening agriculture in the Republic of Kazakhstan // *Book of Abstracts, The 1st International Congress on Soil Science XIII National Congress in Soil Science Soil – Water – Plant September 23-26 th, Belgrade, Serbia*. P. 54.

[15] **Rolinski, Susanne et.al.** (2021): Dynamics of soil organic carbon in the steppes of Russia and Kazakhstan under past and future climate and land use, *Regional Environmental Change*, ISSN 1436-378X, Springer, Berlin, Vol. 21, Iss. 3, <https://doi.org/10.1007/s10113-021-01799-7>

[16] **Ahirwal, J., Maiti S. K., Satyanarayana Reddy M.** (2017). Development of carbon, nitrogen and phosphate stocks of reclaimed coal mine soil within 8 years after forestation with *Prosopis juliflora* (Sw.) Dc. *Catena* 156 42–50. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.03.019>

[17] **Rattan, Lal.** Soil health and carbon management. *Food and Energy Security* Volume 5, Issue 4 pp. 212-222. <https://doi.org/10.1002/fes3.96>

[18] **Paulo, Pereira, Igor Bogunovic, Miriam Muñoz-Rojas, Eric C. Brevik.** Soil ecosystem services, sustainability, valuation and management. *Current Opinion in Environmental Science & Health*. Volume 5, October 2018, Pages 7-13. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.12.003>.

[19] **Можаев, Н.И.,** Серекпаев Н.А., Стыбаев Г.Ж. Состав растительности на залежах степной зоны Акмолинской области и возможности превращения их в продуктивные кормовые угодья. *Вестник науки Казахского агроуниверситета им. С. Сейфуллина, Астана*, 2003. – № 8. – Т. II – С. 10.

[20] **Можаев, Н.И.,** Серекпаев Н.А., Стыбаев Г.Ж. Фитоценоотические и практические основы реконструкции заброшенных земель в кормовые угодья в Северном Казахстане // *Вестник с.-х. науки Казахстана*. – Алматы, 2004. – № 9. – с. 5.

[21] **Можаев, Н.И.,** Серекпаев Н.А., Стыбаев Г.Ж. Основные пути рационального использования земель, выведенных из оборота в степной зоне Казахстана // *Труды международной конференции, Караганда*, 2003. – с.3.

[22] **Сапаров, А.С.,** Козыбаева Ф.Е. Почвенный покров Казахстана, его экология и приоритетные направления почвенных исследований // *Материалы конферен. посвящ. к 70 летию орденоносному институту почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова*, 2012. – С. 58-64.

[23] **FAO.** Status of the World's Soil Resources: Main Report. 2015. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/i5199e>.

[24] **Аринушкина, Е.В.** Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.

[25] **Качинский, Н.А.** Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его

изучения. Москва: Изд-во Академии наук СССР, 1958. – 191 с.

[26] **Докучаев, В.В.** Агрофизические методы исследования почв / Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева; [отв. ред. С.И. Долгов]. – Москва: Наука, 1966. – 257 с.

[27] **Воробьева, Л.А.,** Ладонин Д.В., Лопухина О.В., Рудакова Т.А., Кирюшин А.В.. Химический анализ почв. Вопросы и ответы. – М. 2011. – 186 с.

[28] **Доспехов, Б.А.** Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985.

[29] **Estela Nadal, Romero,** Pablo Rubio, Vasiliki Kremyda, Samira Absalah, Erik Cammeraat, Boris Jansen, Teodoro Lasanta. Effects of agricultural land abandonment on soil organic carbon stocks and composition of soil organic matter in the Central Spanish Pyrenees <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105441>

[30] **Roshan, Babu Ojha,** Paul Kristiansen, Kishor Atreya, Brian Wilson. Changes in soil organic carbon fractions in abandoned croplands of Nepal. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2023.e00633>.

[31] **Susanne, Rolinski,** Alexander V. Prishchepov, Georg Guggenberger, Norbert Bischoff, Irina Kurganova, Florian Schierhorn, Daniel Muller, Christoph Muller. Dynamics of soil organic carbon in steppes of Russia and Kazakhstan under past and future climate and land use. Regional Environmental Change (2021) 21: 73. <https://doi.org/10.1007/s10113-021-01799-7>

[32] **Chao, Wang,** QiannanYang, ChiZhang, BoZhou, Tongxu Liu, XiaolongZhang, Jing Chen, JinjieChen, KexueLiu. Vegetation restoration of abandoned cropland improves soil phosphorus availability and microbial activities in the Danxia degraded region. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2023.104921>

[33] **Dong, Zhao,** Mingxiang Xu, Guobin Liu, Xu Yao, Dengfeng Tuo, Rongrong Zhang, Tiqiao Xiao, Guanyun Peng. Quantification of soil aggregate microstructure on abandoned cropland during vegetative succession using synchrotron radiation-based micro-computed tomography. <https://doi.org/10.1016/j.still.2016.08.007>

[34] **Chen Han,** Minxin Song, Qiang Tang, Jie Wei, Xiubin He, Adrian L. Collins. Post-farming land restoration schemes exhibit higher soil aggregate stability and organic carbon: Evidence in the Three Gorges Reservoir Area, China. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107099>.

[35] **Chao, Zhang,** Guobin Liu, Zilin Song, Dong Qu, Linchuan Fang, Lei Deng. Natural succession on abandoned cropland effectively decreases the soil erodibility and improves the fungal diversity. Ecological Applications Volume 27, Issue 7 pp. 2142-2154. <https://doi.org/10.1002/eap.1598>.

[36] **XihenLv,** Qiang Tang, Chen Han, MinxinSong, Chuan Yuan, Qingyuan Yang, Jie Wei, Xiubin He, Adrian L. Collins. Farmland abandonment and vegetation succession mediate soil properties but are determined by the duration of conversion. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2024.107877>.

[37] **Dashuan, Tian,** Yangzhou Xiang, Eric Seabloom, Han Y. H. Chen, Jinsong Wang, Guirui Yu, Ye Deng, Zhaolei Li, Shuli Niu. Ecosystem restoration and belowground multifunctionality: A network view. Ecological Applications. Volume 32, Issue 5 e2575. <https://doi.org/10.1002/eap.2575>.

References:

[1] **Baasandorzh, Ja.,** Djelgjerccjeg R., Bajarbat G., Bilgyyn Ø., Zolzajaa N., Gurkova E.A., Androhanov V.A., Zharebcov S.I. Vlijanie stepeni degradacii kashtanovyh pochv suhostepnoj zony Mongolii na ih ustojchivost' i gumusnoe sostojanie. Dostizhenie nauki i tehniki APK, 2019. – T.33. – №7. – S. 29-32. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10707> [in Russian]

[2] **Dorzhgotov, D.,** Bathishig O. Pochvy. Pochvenno-geograficheskoe rajonirova-nie Mongolii // Nacional'nyj Atlas Mongolii. Ulan-Bator: Izd-voMAN, 2009. – S. 120–126. [in Russian]

[3] **Tamura, K.,** Asano M., Jamsran U. Soil diversity in Mongolia // The Mongolian ecosystem network: environmental issues under climate and social changes. Ecological Research Monographs. Springer Science & Business Media, 2012. – PP. 89–103.

- [4] **Wang, X.**, N. Hua, L. Lang etc. Spatial differences of aeolian desertification responses to climate in arid Asia / X. Wang, N. Hua, L. Lang etc. // *Global and Planetary Change*. 2018. Vol. 148. PP. 22–28.
- [5] **Lioubimtseva, E.** Food factors and trends in Central Asia // *Encyclopedia of Food Security and Sustainability*, 2019. – Vol. 3. – PP. 134–141.
- [6] **Chen, T., A. Bao, G. Jiapaer** etc. Disentangling the relative impacts of climate change and human activities on arid and semiarid grasslands in Central Asia during 1982–2015 / T. Chen, A. Bao, G. Jiapaer etc. // *Science of The Total Environment*. 2019. Vol. 653. PP. 1311–1325.
- [7] **Dorzhgotov, D.**, Batbajar D. *Sistematika pochv Mongolii*. Ulan-Bator: Izd-vo MAN, 1986. – 251s. [in Russian]
- [8] **Dorzhgotov, D.** *Pochvy Mongolii*. – Ulan-Bator: ABMOK, 2003. – 370 s.
- [9] **Pankova, E.I.** Zakonomernosti formirovaniya pochvennogo pokrova i osobennosti pochv stepej i pustyn' Mongolii // *Pochvovedenie*, 1997. – № 7. – S. 789–798. [in Russian]
- [10] **Gadzhiev, I.M.** Stepi Central'noj Azii / I. M. Gadzhiev, A. Ju. Koroljuk, A. A. Titljanova i dr. – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2002. 299 s. [in Russian]
- [11] **Pankova, E.I.**, Chernousenko G. I. Sopostavlenie kashtanovyh pochv Central'noj Azii s ih analogami v drugih pochvenno-geograficheskikh provincijah suhostepnoj zony subboreal'nogo pojasa Evrazii // *Aridnye jekosistemy*, 2018. – T. 24. – № 2 (75). – S. 13–21. [in Russian]
- [12] **Ibragimova, V.A.**, Konjushkov M. V., Golovanov D. L. Opyt sostavlenija sravnitel'nogo analiza baz dannyh po celinnym kashtanovym pochvam Prikaspija (Rossija i Kazahstan) i Mongolii // *Jekosistemy: jekologija i dinamika*, 2018. – T. 2. – № 4. – S. 106–131. [in Russian]
- [13] **Saparov, A.S.** State ahd rational use of soil and land resources of the Republic of Kazakhstan. *Pochvovedenieiagrohimija*, 2019. – №2. – S. 10-20.
- [14] **Kenenbaev, S.**, Jorganskij A. (2013) Greening agriculture in the Republic of Kazakhstan // *Book of Abstracts, The 1st International Congress on Soil Science XIII National Congress in Soil Science Soil – Water –Plant September 23-26 th, Belgrade, Serbia*. P. 54.
- [15] **Rolinski, Susanne** et.al. (2021): Dynamics of soil organic carbon in the steppes of Russia and Kazakhstan under past and future climate and landuse, *Regional Environmental Change*, ISSN 1436-378X, Springer, Berlin, Vol. 21, Iss. 3, <https://doi.org/10.1007/s10113-021-01799-7>
- [16] **Ahirwal, J.**, Maiti S. K., Satyanarayana Reddy M. (2017). Development of carbon, nitrogen and phosphate stocks of reclaimed coal mine soil within 8 years after forestation with *Prosopis juliflora* (Sw.) Dc. *Catena* 156 42–50. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.03.019>
- [17] **Rattan, Lal.** Soil health and carbon management. *Food and Energy Security* Volume 5, Issue 4 pp. 212-222. <https://doi.org/10.1002/fes3.96>
- [18] **Paulo, Pereira**, Igor Bogunovic, Miriam Muñoz-Rojas, Eric C. Brevik. Soil ecosystem services, sustainability, valuation and management. *Current Opinion in Environmental Science & Health*. Volume 5, October 2018, Pages 7-13. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.12.003> .
- [19] **Mozhaev, N.I.**, Serekpaev N.A., Stybaev G.Zh. Sostav rastitel'nosti na zalezah stepnoj zony Akmolinskoj oblasti i vozmozhnosti prevrashhenija ih v produktivnye kormovye ugod'ja. *Vestnik nauki Kazahskogo agrouniversiteta im. S. Seifullina*, Astana, 2003. – № 8. – T. II – S. 10. [in Russian]
- [20] **Mozhaev, N.I.**, Serekpaev N.A., Stybaev G.Zh. Fitocenoticheskie i prakticheskie osnovy rekonstrukcii zabroshennyh zemel' v kormovye ugod'ja v Severnom Kazahstane. *Vestnik s.-h. nauki Kazahstana*. – Almaty, 2004. – № 9. – s. 5. [in Russian]
- [21] **Mozhaev, N.I.**, Serekpaev N.A., Stybaev G.Zh. Osnovnye puti racional'nogo ispol'zovaniya zemel', vyvedennyh iz oborota v stepnoj zone Kazahstana. *Trudy mezhdunarodnoj konferencii*, Karaganda, 2003. – s.3. [in Russian]
- [22] **Caparov, A.S.**, Kozybaeva F.E. Pochvennyj pokrov Kazahstana, ego jekologija i prioritetye napravlenija pochvennyh issledovanij. *Materialy konferencii posvjashh. k 70 letiju ordenonosnomu institutu pochvovedeniya i agrohimii im. U.U. Usanova*, 2012. – S. 58-64. [in Russian]
- [23] **FAO.** Status of the World's Soil Resources: Main Report. 2015. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/i5199e>.
- [24] **Arinushkina, E.V.** *Rukovodstvo po himicheskomu analizu pochv*. – M.: Izd-vo MGU, 1970. – 487 s. [in Russian]

- [25] **Kachinskij, N.A.** Mehanicheskij i mikroagregatnyj sostav pochvy, metody ego izucheniya. Moskva: Izd-vo Akademii nauk SSSR, 1958. – 191 s. [in Russian]
- [26] **Dokuchaev, V.V.** Agrofizicheskie metody issledovaniya pochv / Pochvennyj in-t im. V.V. Dokuchaeva; [otv. red. S.I. Dolgov]. – Moskva: Nauka, 1966. – 257 s. [in Russian]
- [27] **Vorob'eva, L.A.,** Ladonin D.V., Lopuhina O.V., Rudakova T.A., Kirjushin A.V.. Himicheskij analiz pochv. Voprosy i otvety. – M. 2011. – 186 s. [in Russian]
- [28] **Dospehov, B.A.** Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). – M.: Agropromizdat, 1985. [in Russian]
- [29] **Estela Nadal,** Romero, Pablo Rubio, Vasiliki Kremyda, Samira Absalah, Erik Cammeraat, Boris Jansen, Teodoro Lasanta. Effects of agricultural land abandonment on soil organic carbon stocks and composition of soil organic matter in the Central Spanish Pyrenees <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105441>
- [30] **Roshan, Babu Ojha,** Paul Kristiansen, Kishor Atreya, Brian Wilson. Changes in soil organic carbon fractions in abandoned croplands of Nepal. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2023.e00633>
- [31] **Susanne, Rolinski,** Alexander V. Prishchepov, Georg Guggenberger, Norbert Bischoff, Irina Kurganova, Florian Schierhorn, Daniel Muller, Christoph Muller. Dynamics of soil organic carbon in steppes of Russia and Kazakhstan under past and future climate and land use. Regional Environmental Change (2021) 21: 73. <https://doi.org/10.1007/s10113-021-01799-7>
- [32] **Chao, Wang,** QiannanYang, ChiZhang, BoZhou, Tongxu Liu, XiaolongZhang, Jing Chen, JinjieChen, KexueLiu. Vegetation restoration of abandoned cropland improves soil phosphorus availability and microbial activities in the Danxia degraded region. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2023.104921>
- [33] **Dong, Zhao,** Mingxiang Xu, Guobin Liu, Xu Yao, Dengfeng Tuo, Rongrong Zhang, Tiqiao Xiao, Guanyun Peng. Quantification of soil aggregate microstructure on abandoned cropland during vegetative succession using synchrotron radiation-based micro-computed tomography. <https://doi.org/10.1016/j.still.2016.08.007>
- [34] **Chen Han,** Minxin Song, Qiang Tang, JieWei, Xiubin He, Adrian L. Collins. Post-farming land restoration schemes exhibit higher soil aggregate stability and organic carbon: Evidence in the Three Gorges Reservoir Area, China. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107099>.
- [35] **Chao, Zhang,** Guobin Liu, Zilin Song, Dong Qu, Linchuan Fang, Lei Deng. Natural succession on abandoned cropland effectively decreases the soil erodibility and improves the fungal diversity. Ecological Applications Volume 27, Issue 7 pp. 2142-2154. <https://doi.org/10.1002/eap.1598>.
- [36] **XihenL, Qiang** Tang, Chen Han, Minxin Song, Chuan Yuan, Qingyuan Yang, Jie Wei, Xiubin He, Adrian L. Collins. Farmland abandonment and vegetation succession mediate soil properties but are determined by the duration of conversion. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2024.107877>
- [37] **Dashuan, Tian,** Yangzhou Xiang, Eric Seabloom, Han Y. H. Chen, Jinsong Wang, Guirui Yu, Ye Deng, Zhaolei Li, Shuli Niu. Ecosystem restoration and belowground multifunctionality: A network view. Ecological Applications. Volume 32, Issue 5 e2575. <https://doi.org/10.1002/eap.2575>

АҚМОЛА ОБЛЫСЫНЫҢ ҚҰРҒАҚ ДАЛА АЙМАҒЫНДАҒЫ ТЫҢАЙҒАН ЖЕРЛЕРДІҢ ҚАРА-ҚОҢЫР ТОПЫРАҚТАРЫНЫҢ МОРФОГЕНЕТИКАЛЫҚ ЖАҒДАЙЫ ЖӘНЕ ТОПЫРАҚ ПРОФИЛІНІҢ ҚАЛПЫНА КЕЛУ ДӘРЕЖЕСІ

Жетібайқызы Н.¹, ауыл шаруашылығы ғылымдарының магистрі
Кенжегулова С.О.¹, ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған
профессор

Серекпаев Н.А.², ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы, профессор

Муханов Н.К.¹, PhD, қауымдастырылған профессор

Ногаев А.А.¹, PhD, қауымдастырылған профессор

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

² *«AgroInnovaConsalt» ЖШС-і, Астана қ., Казахстан*

Андатпа. Мақалада Ақмола облысының құрғақ дала аймағындағы тыңайған жерлердің кара-қоңыр топырақтарының морфогенетикалық жағдайы және оларды ұзақ уақыт ауыл шаруашылығында пайдалануды тоқтатқаннан кейінгі топырақ профилінің қалпына келу дәрежесі бойынша зерттеу нәтижелері келтірілген.

Зерттеудің өзектілігі Солтүстік Қазақстанда жер пайдаланудың құрылымдық трансформациясы нәтижесінде бұрын жыртылған жерлердің едәуір бөлігі ауыл шаруашылығы айналымынан шығарылып, тыңайған жер санатына ауысуымен байланысты.

Зерттеудің мақсаты тыңайған жерлердегі кара-қоңыр топырақтардың морфогенетикалық жағдайын бағалау және олардың топырақ профилінің тың және жыртылған топырақтармен салыстырғандағы қалпына келу дәрежесін анықтау болды.

Тыңайған жер топырақтарына гумустық горизонттың біртіндеп қалпына келуі және қалыңдығы 3-5 см шымды қабаттың қалыптасуы тән екені анықталды. Тыңайған жер топырағындағы гумус мөлшері 3,7%-ды құрайды, бұл жыртылған топырақтармен салыстырғанда (2,3%) 60,8%-ға жоғары, бірақ тың топырақтармен салыстырғанда (4,6%) 19,6%-ға төмен. Топырақ ортасының реакциясы тың жерде рН 7,0-ден жыртылған жерде рН 7,5-ке дейін өзгереді, ал тыңайған жер топырақтары үшін әлсіз сілтілі рН 7,2 тән. Жоғарғы горизонттағы нитратты азоттың (NH_4NO_3) мөлшері тыңда 26,4 мг/кг, тыңайған жерде 18,6 мг/кг және жыртылған жерде 11,8 мг/кг болды, бұл топырақтың азоттық режимінің біртіндеп қалпына келуін көрсетеді. Тыңайған учаскелердің жылжымалы фосфор және алмаспалы калиймен қамтамасыз етілуі тиісінше 20,4 мг/кг және 258 мг/кг құрап, тың және жыртылған топырақтар арасындағы аралық орынды иеленеді. Алынған нәтижелер топырақ құнарлылығының қалпына келуін дәлелдейді.

Тірек сөздер: кара-қоңыртопырақтар, тыңайғанжер, постагрогендік сукцессия, топырақ морфогенезі, гумустық горизонт, топырақпрофилі, құнарлылықты қалпына келтіру, Солтүстік Қазақстан.

MORPHOGENETIC STATE OF DARK CHESTNUT FALLOW SOILS OF AKMOLA REGION AND THE DEGREE OF SOIL PROFILE RECOVERY

Zhetibaykyzy N.¹, Master of Agricultural Sciences, teacher

Kenzhegulova S.O.¹, candidate of agricultural sciences, associate professor

Mukhanov N.K.¹, PhD, Associate Professor

Nogaev A.A.¹, PhD, Associate Professor

Serekpayev N.A.², Doctor of Agricultural Sciences, Professor

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

² *AgroInnovaConsalt LLP, Astana, Kazakhstan*

Annotataion. This article presents the results of a study of the morphogenetic state of dark chestnut soils in fallow lands in the dry-steppe zone of the Akmola region and the degree of restoration of their soil profile after prolonged agrogenic use. The relevance of this study lies in the fact that in Northern Kazakhstan, significant areas of previously plowed land have been withdrawn from agricultural use and reclassified as fallow lands, where post-agrogenic succession processes are actively developing.

The aim of the study was to assess the morphogenetic state of fallow soils and determine the degree of restoration of their profile compared to virgin and arable soils. The study subjects were dark chestnut medium-loamy soils. A morphological description of the soil profiles and an agrochemical assessment were conducted, determining humus content, pH, nitrate nitrogen, available phosphorus, and exchangeable potassium. It was established that fallow soils are characterized by the formation of a sod layer 3-5 cm thick and a gradual restoration of the humus horizon. The humus content is 3.7%, which is 60.8% higher than in arable land (2.3%), but 19.6% lower than in virgin soil (4.6%). The pH of the soil varies from pH 7.0 to pH 7.5, with a typical pH of 7.2 for fallow soils. The nitrate nitrogen content is 26.4 mg/kg, 18.6 mg/kg, and 11.8 mg/kg, respectively. The values of available phosphorus (20.4 mg/kg) and exchangeable potassium (258 mg/kg) occupy an intermediate position. The obtained data confirm the restoration of soil fertility.

Keywords: dark chestnut soils, fallow land, post-agrogenic succession, soil morphogenesis, humus horizon, soil profile, fertility restoration, Northern Kazakhstan.

LATEX ANTIGEN FOR SEROLOGIC DIAGNOSIS OF EMPHYSEMATOUS CARBUNCLE IN ANIMALS

Abutalip A.¹, Doctor of Veterinary Sciences, full professor
aspen_vet@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2724-8220>

Kassenov M.M.¹, Candidate of Veterinary Sciences, full professor
kassenov_mm@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6124-703X>

Nurpeisova A.S.¹ Ph. D., ainaunurpeisova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7039-5621>

Bizhanov A.B.^{1*}, Doctor of Veterinary Sciences, full professor
alimakyntai@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0004-4052-3866>

Shakibasov E.B.¹, 2nd-year PhD student in 610001 – Veterinary Medicine and Biotechnology.
shakibaev.erden@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2221-235X>

Makulbekov E.², 2nd-Year PhD Student in the Educational Program 8D09101 – Veterinary Medicine
erkebulanmakulbekov1980@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-5463-9454>

¹LLP «Kazakh Scientific Research Veterinary Institute», Almaty, Kazakhstan

²Shakarim University, Semey, Kazakhstan

Annotation. Studies in latex agglutination reaction (LAR) using *Clostridium chauvoei* antigen showed the specificity and suitability of the method for the detection of specific antibodies in animals vaccinated against this disease and suspected to have emphysematous carbuncle disease.

It was found that a serum LAR titer of 1:30 -1:40 in immunized animals 30 days after vaccination can be considered as sufficient, and titers of 1:80 and 1:160 as a high level of immune response.

When studying the dynamics of postvaccinal antibody titers in immunized animals under production conditions, it was found that the average antibody titer in LAR 30 days after vaccination was equal to 1:33. In animals immunized against emkar the sufficient level of antibodies was preserved only up to 90 days, on day 150 the average titers of postvaccinal antibodies decreased twice in comparison with titers established on day 30, and in 180 days in 4 times. It should be noted that in studies 180 days after vaccination, antibodies were not detected in 30% of animals. The results of the conducted studies should be taken into account when organizing and conducting prophylactic immunization of animals against emphysematous carbuncle.

Keywords: emphysematous carbuncle, *Clostridium chauvoei*, vaccine, latex antigen, latex-agglutination reaction.

Introduction. Emphysematous carbuncle is an acute non-contagious disease that occurs enzootically in unfavorable areas, manifested mainly by severe focal lesions of musculature in the form of crepitating necroses and serous hemorrhagic infiltration of adjacent subcutaneous tissue. Cattle are susceptible to emphysematous carbuncle and usually become ill between three months and four years of age; buffalo are more likely to become ill at 1-2 years of age; sheep, goats, and elk are much less likely to become ill [1].

The causative agent is *Clostridium chauvoei*, a strict anaerobe that is a polymorphic spore-containing bacillus. The source of the pathogen is animals with emphysematous carbuncle, whose corpses produce spores, which then infect soil, feed, and water [2-4]. Emphysematous carbuncle usually occurs in pastures, more often in hot, dry summers. In these conditions, animals, eating dry grass, capture simultaneously particles of soil and

together with its spores of the causative agent of the disease. The disease is characterized by stationarity, which is due to the prolonged persistence of the pathogen in the external environment (soil, water) [5].

Emphysematous carbuncle is widespread in all countries of the world regardless of geographical location and soil and climatic conditions. In unfavorable farms, it causes great damage due to animal deaths and costs of anti-epizootic measures [6-10]. In CIS countries, the disease is registered in all regions [11], including Kazakhstan.

Our earlier studies have established that the disease occupies one of the first places by the number of epizootic foci of acute infectious diseases of animals in Kazakhstan. In the period from 2010 to 2020, the territory of 10 regions comprising 71.4% of the territory of the Republic of Kazakhstan were unfavorable for this disease.

One of the main directions of prevention and control measures against emphysematous carbuncle is immunization of animals [12, 13]. In the CIS, "inactivated concentrated aluminum hydroxide vaccine against emphysematous carbuncle of cattle and sheep", which creates immunity lasting up to 6 months, is used to prevent the disease.

Analysis of the practice of using this vaccine has shown that in some farms of the Republic of Kazakhstan there are cases of this nosology among vaccinated animals 4-6 months after vaccination, which may be associated with the quality of the vaccine or deficiencies of veterinary practitioners in the organization and conduct of vaccination. These facts require studying the state of immune response in vaccinated animals during the post-vaccination period.

However, the guidelines for the use of vaccines against emphysematous carbuncle do not provide for the determination of the level of immunity by determining postvaccine antibody titers. One of the main reasons for this is the lack of effective serologic methods for diagnosing emcarus. In the specialized literature, there are some reports on the development of methods for the detection of specific anti-emkar antibodies in RA, RNHA, and RIF [14].

However, these methods remained only within the framework of laboratory studies and were not accepted for practical use. Nevertheless, the need to develop serologic methods of diagnostics of this disease is obvious, since this method can be used to detect specific antibodies in the blood serum of vaccinated animals, as well as in those who have been infected or suspected of being infected. Post-vaccination serological tests can be used to monitor the vaccination and the titers of specific antibodies in the blood serum of immunized animals, thereby determining the quality of the vaccine used.

Therefore, the search for alternative methods of diagnostics of emphysematous carbuncle with sensitivity and specificity, ease of handling and accessibility is highly relevant.

In this aspect, there have been a number of recent reports on the prospects of new test systems based on polystyrene carriers of immunosorbents - polystyrene latexes, which are used in the latex-agglutination test [15, 16]. In view of the above, the aim of the present work was to develop and test an antigen for the latex agglutination reaction for the serologic diagnosis of this disease.

Materials and methods. The animals officially regulated for the diagnosis of emphysematous carbuncle and research methods according to GOST 26503-85 were used in the research work.

For epizootological monitoring of the disease, research methods described in the relevant manuals were used.

In order to study the epizootological manifestation of the disease, the following were used and analyzed: statistical reviews and official reports of the Committee for Veterinary Control and Supervision of the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan (CVCS of MoA of RK), and Republican Veterinary Laboratory (RVL) on veterinary welfare of emphysematous carbuncle of animals; materials of own clinical and epizootological surveys

of epizootic foci of this nosology and assessments of the epizootic situation in different regions of the Republic.

207 blood samples of cattle immunized against emphysematous carbuncle or suspected of being infected with this disease, delivered from different regions of the republic, were subjected to serological study.

For comparative serologic study of the tested blood sera we used agglutination reaction (RA) according to the method described in the work of Odarenko K.I. and Gryazin V.I. As antigen in RA we used 10 billionth suspension of *Clostridium chauvoei* culture inactivated by formalin [41]. The reaction was carried out by the classical method in serological tubes in a total volume of 1 ml, at 37°C in the thermostat, the results of the reaction were taken into account after 16-18 hours.

The formation of a precipitate of agglutinate flakes at the bottom of the tube was considered positive; in negative cases, the contents of the tube remained homogeneously turbid without precipitate formation.

The proposed diagnosticum for the latex-agglutination reaction was prepared according to the following procedure: microbial mass of *Clostridium chauvoei* in distilled water at a concentration of 10 bln. m.s.c. in 1.0 ml was inactivated with formalin at a final concentration of 0.7% in a thermostat at 37°C for 3 days, then ultrasonic disintegration was performed. In 1.0 ml was inactivated with formalin at a final concentration of 0.7% in the thermostat at 37°C for 3 days, then ultrasonic disintegration of *Clostridium chauvoei* microbial cells was carried out three times, 20 minutes each, with an interval of 30 minutes at a current of 0.6 ampere and a frequency of 22 kHz, followed by centrifugation at 5000 rpm for 10-15 minutes, then the precipitate was resuspended to the original volume with phosphate-salt buffer pH 7.2. Further sensitization of 1% polymer suspension of latex particles was carried out with an equal volume of ultrasound-disintegrated emphysematous carbuncle antigen containing 5, 15 and 30 mg/ml, using phosphate-salt buffer pH - 7.2 as a dissolving liquid of latex and antigen, followed by incubation for 2 hours in the thermostat at 37°C.

The adsorption products were washed by centrifugation at 3000 rpm for 10-15 minutes three times and resuspended to the original volume with phosphate-salt buffer pH 7.2. Sodium azide solution was used to preserve the prepared antigen to a final concentration of 0.05%.

Thus, prepared variants of diagnostics with different concentrations of antigen were used for the latex-agglutination reaction (LAR) in dilutions of tested animal sera 1:10, 1:20, 1:40, 1:80, 1:160, 1:320. The reaction was carried out in polystyrene microplates, at room temperature for 5-6 hours. A positive result was considered to be the formation of clear agglutination at the bottom of the wells of the plate, in the form of large or small flakes and clarification of the liquid.

If the reaction results are negative, the latex suspension remains homogeneously turbid, with no agglutinate clumps or areas of luminescence.

Positive serum obtained by hyperimmunization of rabbits with the emkar pathogen and negative serum obtained from healthy rabbits in the same dilutions were used as a reaction control.

To assess the specificity of the diagnosticum, blood sera from healthy calves were used, as well as those vaccinated against pasteurellosis, anthrax and brucellosis.

207 blood samples of cattle immunized against emkar or suspected of being infected with this disease, delivered from different regions of the republic, were subjected to serological method of research.

Results. At the initial stage of research to determine the optimal concentration of antigen in the diagnosticum, the latex-agglutination reaction was performed with negative and positive serum for emphysematous carbuncle using diagnosticums containing different

concentrations of antigen of this nosology.

The results are summarized in Table 1.

Table 1 – LAR results at different concentrations of antigen in the diagnosticum

№	Sera studied	Antigen concentration to 1 volume of latex suspension					
		5 mg/mL		15 mg/mL		30 mg/mL	
		Positive in exploration	Antigen control	Positive in exploration	Antigen control	Positive in exploration	Antigen control
Animals containing antibodies to <i>Cl. Chauvoei</i> immunized against emphysematous carbuncle							
1		1:20	-	1:80	-	1:80	s/a
2		1:10	-	1:40	-	1:40	-
3		1:10	-	1:80	-	1:40	-
4		1:20	-	1:40	-	1:80	s/a
5		1:20	-	1:80	-	1:80	s/a
Non-containing antibodies to <i>Cl. Chauvoei</i> (healthy animals)							
1		-	-	-	-	-	-
2		-	-	-	-	-	-
3		-	-	-	-	-	-

Примечание: s/a – self-agglutination.

As shown in Table 1, the diagnosticum with antigen content of 5 mg/mL showed weak agglutination on 2 crosses in the first two dilutions (1:10 and 1:20) of positive serum, and increasing the antigen load per unit of carrier up to 30 mg/mL resulted in spontaneous agglutination in controls or gives indistinctly outlined discs of agglutination on a turbid background. The optimal concentration of antigen was 15 mg/mL to 1 volume of latex suspension, which shows higher antibody titers (1:40 and 1:80) and clear pictures of controls.

Further, using the diagnosticum containing 15 mg/mL antigen to 1 volume of latex suspension as the most optimal and previously known RA method, 3 samples of blood sera from cattle suspected of disease incidence and 10 samples of blood sera from animals vaccinated against emphysematous carbuncle were investigated. In parallel, blood serum samples from healthy animals and those vaccinated against pasteurellosis, anthrax and brucellosis were examined. The results are summarized in Table 2.

Table 2 – Results of RA and LAR in blood serum studies of cattle with different immunologic statuses

№	Characteristics of the studied animals	Test results, antibody titers					Diagnostic control
		1:10	1:20	1:40	1:80	1:160	
		RA / LAR	RA / LAR	RA / LAR	RA / LAR	RA / LAR	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Suspects of emphysematous carbuncle disease	- / -	- / -	- / -	- / -	- / -	- / -
2	-/-/-/-/-/-/-	- / -	- / -	- / -	- / -	- / -	- / -
3	-/-/-/-/-/-/-	++++/++++	++++/++++	- / +++++	- / -	- / -	- / -
30 days after vaccination							
1	against emphysematous carbuncle	++++ /++++	++++ /++++	++++ /++++	- / +++	- / -	- / -
2	-/-/-/-/-/-/-	++++ /++++	++++ /++++	++++ /++++	- / +++	- / -	- / -

1	2	3	4	5	6	7	8
3	-/-/-/-/-/-/-	++++ /++++	++++ /++++	++ /++++	- / -	- / -	- / -
4	-/-/-/-/-/-/-	++++ /++++	++++ /++++	++++ /++++	+++ / ++++	- / +++	- / -
5	-/-/-/-/-/-/-	++++ /++++	++++ /++++	++++ /++++	- / +++	- / -	- / -
6	-/-/-/-/-/-/-	++++ /++++	++++ /++++	- / +++	- / -	- / -	- / -
7	-/-/-/-/-/-/-	++++ /++++	++++ /++++	++++ /++++	- / +++	- / -	- / -
8	-/-/-/-/-/-/-	++++ /++++	++++ /++++	++++ /++++	+++ /++++	- / +++	- / -
9	-/-/-/-/-/-/-	++++ /++++	++++ /++++	++ /++++	- / -	- / -	- / -
1 0	-/-/-/-/-/-/-	++++ /++++	++++ /++++	- / +++	- / -	- / -	- / -
1	against pasteurellosis	-	-	-	-	-	-
2		-	-	-	-	-	-
3		-	-	-	-	-	-
1	against anthrax	-	-	-	-	-	-
2		-	-	-	-	-	-
3		-	-	-	-	-	-
1	healthy animals	-	-	-	-	-	-
2		-	-	-	-	-	-
3		-	-	-	-	-	-

As can be seen from Table 2, comparative serologic studies of the tested sera in RA and LAR showed similar results of both methods in serum dilutions of 1:10 and 1:20. In serum dilution 1:40 against 11 positive LAR reactions, only 6 samples (54.5%) reacted positively in RA and 2 samples (18.2%) reacted as doubtful. Positive LAR results in titer 1:80 was obtained in 6 samples, when RA was positive in only 2 cases (33.3%). In dilution of tested blood sera 1:160 by LAR, positive results were registered in 2 samples, while RA results were negative. In studies of healthy and immunized animals with heterologous vaccines the same negative results were obtained, which testifies to the specificity of the compared methods. In terms of sensitivity (33.3 - 54.5%) RA was much inferior to LAR. Taking into account these data, LAR with the developed antigen was used in further studies to detect specific antibodies to emphysematous carbuncle in the blood serum of animals.

From the same table it is seen that, in studies of animals vaccinated against emkar in LAR, 30 days after vaccination, 100% of animals reacted positively in titer 1:40, 60% in titer 1:80 and 20% in titer 1:160. It follows that the serum titer in LAR 1:40 in vaccinated animals 30 days after vaccination can be considered as sufficient, and titers of 1:80 and 1:160 as a high level of immune response. When examining the blood sera of 3 animals suspected of the disease, one of them had a positive result with a titer of 1:40, which indicates the presence of antibodies specific to the causative agent of emphysematous carbuncle in the animal's body.

Thus, the developed latex antigenic diagnosticum proved to be suitable for LAR and allows to detect specific antibodies in bovine blood serum to the causative agent of emphysematous carbuncle in animals suspected of the disease and vaccinated against this infection. Negative results of LAR in healthy and immunized animals with heterologous vaccines and in the reaction control testify to the specificity of the manufactured diagnosticum.

At the next stage of work, postvaccinal studies were carried out on 167 samples of blood sera of animals immunized against emphysematous carbuncle delivered from different regions of the Republic (northern, southern, eastern, western and central), which were tested in latex-agglutination reaction using the developed antigen (Table 3).

As shown in Table 3, 23 days after vaccination, the mean antibody titers in animals in LAR were 1:45; after 30 and 35 days, respectively, 1:34 and 1:37; after 150 days, postvaccine antibodies were detected in 76.6% of animals, with mean titers of 1:11, indicating a very low level of immune response of the organism. In immunized animals, there was no significant difference in antibody titers after vaccination depending on the area of their location and the type of vaccine.

Table 3 – Results of blood serum of animals inoculated against emkar at LAR

№	Region	Name of area from which the sample is taken	Name of vaccine used	Study time after vaccination (days)	Quantity			Average antibody titer
					tested samples	Positive results /%	Negative results /%	
1	eastern	East Kazakhstan	cont.GOA vaccine, Stavir.b/f	23	30	30/100	0/0	1:45
2	western	West Kazakhstan	cont.GOA vaccine, Stavir.b/f	30	30	30/100	0/0	1:34
3	central	Karaganda	cont.GOA vaccine, Stavir.b/f	30	30	30/100	0/0	1:34
4	южный	Almaty	cont.GOA vaccine, Armavir.b/f	35	47	47/100	0/0	1: 37
5	northern	Kostanay	cont.GOA vaccine, Stavir.b/f	150	30	23/76,6	7/23,3	1:11

Note: Concentrated GOA vaccine - concentrated allium hydroxide vaccine. Stavir.b/f - Stavropol biofactory; Armavir.b/f - Armavir biofactory; Pos.res - positive result; Neg.res - negative result.

Thus, the conducted studies have shown the possibility of determining the level of antibodies in the serum of animals vaccinated against emcarus, using the developed emcarus antigen. At the next stage of work, in farm "Syrymbet" of Talgar district of Almaty region, the dynamics of titer of postvaccinal antibodies in cattle vaccinated against emphysematous carbuncle was studied during 180 days (6 months).

Ten experimental animals were injected with Emkara vaccine produced in Armavir biofactory in accordance with the instructions for use. To study the dynamics of postvaccinal antibodies, immunized animals were serologically tested after 30,90,150 and 180 days. The results of the study are presented in Table 4.

As can be seen from Table 4, the average antibody titer in animals 30 days after vaccination was 1:33. In the following terms of the study (90, 150 and 180 days), the average antibody titer in animals of this group was 1:29, 1:16 and 1:8, respectively. It should be noted that in the studies in 180 days after vaccination in 3 animals (30%) antibodies were not detected at all. The obtained data shows that in animals immunized with vaccine against emphysematous carbuncle sufficient level of antibodies were preserved only up to 90 days, on day 150 the average titers of postvaccinal antibodies decreased twice in comparison with titers

established on day 30 and amounted to 1:16, and after 180 days the level of antibodies decreased 4 times, i.e. up to 1:8.

Table 4 – Dynamics of postvaccinal antibody titers of cattle immunized against emphysematous carbuncle

№	Individual No. of animals	Timing (days) of the study and antibody titer after vaccination			
		30	90	150	180
1	00331387	1:40	1:30	1:20	1:20
2	58188906	1:40	1:40	1:20	1:10
3	96760014	1:30	1:30	1:20	1:10
4	60237761	1:30	1:30	1:10	-
5	60237760	1:40	1:40	1:20	1:10
6	61278185	1:20	1:20	1:10	-
7	60636700	1:40	1:30	1:20	1:10
8	62056139	1:20	1:20	1:10	-
9	59685365	1:40	1:30	1:20	1:10
10	60237768	1:30	1:20	1:10	1:10
Average titer		1:33,0	1:29,0	1:16,0	1:8,0

These data indicate that in this farm sufficient level of immunity in animals immunized against emphysematous carbuncle were preserved only up to 90 days, and in the following terms sharply decreased from 2 to 4 times. The obtained data should be taken into account when organizing and conducting prophylactic vaccination of animals against emphysematous carbuncle of animals.

Discussion. Emphysematous carbuncle is an acute non-contagious toxic-infectious disease of cattle characterized by the formation of rapidly enlarging crepitating swellings in the body muscles and lameness.

Cattle of improved, cultured, especially beef breeds (with large muscle mass) and fatter individuals are more susceptible to the disease. Animals brought to the unfavorable zone from other farms or imported animals often fall ill. Cattle of any age are affected, but young animals aged 3 months to 3-4 years are most susceptible [17-19].

The causative agent of emphysematous carbuncle *Clostridium chauvoei* is an anaerobe; it is a straight or slightly curved bacillus with rounded ends, arranged singly, in pairs, less often in short chains; in young cultures it is Gram-positive. Spores of the pathogen are very stable: they remain viable in soil for several years, in rotting muscles, manure - up to 6 months, at the bottom of water bodies - over 10 years, under appropriate conditions in soil the pathogen can vegetate and multiply. Biological properties of the emphysema pathogen have been studied by many researchers.

The causative agent of emphysematous carbuncle synthesizes and secretes exotoxin. Hemotoxic and necrotizing components are found in the composition of the toxin. Another diagnostic factor of this microbe is its ability to produce aggresins [20].

Emphysematous carbuncle of cattle is widespread in many countries of the world, including the Republic of Kazakhstan (RK). By the number of registered epizootic foci of acute infectious diseases of animals in Kazakhstan, emphysematous carbuncle occupies one of the first places. In the period from 2010 to 2020, the territory of 10 regions comprising 71.4% of the country's territory were unfavorable for this disease.

One of the main directions of prevention and control measures against emphysematous carbuncle in Kazakhstan is immunization of animals with "inactivated concentrated aluminum hydroxide vaccine against emphysematous carbuncle of cattle and sheep", which creates immunity lasting up to 6 months.

In the practice of using vaccines against other particularly dangerous diseases (foot and mouth disease, nodular dermatitis, brucellosis, etc.), the level of immune response in immunized animals is revealed by serological examination of vaccinated animals after a certain time and determination of the titer of postvaccinal antibodies in blood serum. Based on the results of these studies, the level of immune restructuring of the organism is judged [21].

However, the guidelines for the use of emkar vaccines do not provide for the determination of the level of immune response by determining postvaccine antibody titers. One of the main reasons for this is the lack of effective serologic methods for diagnosing emkar. Serologic methods of diagnostics of this disease have not been developed, because blood serum of an animal diseased with emphysematous carbuncle does not contain specific antibodies due to the rapid course of the disease and animal death and is unsuitable for diagnostics.

The reports available in the scientific literature on the diagnosis of emphysematous carbuncle using modern methods concern the indication of the causative agent of emphysematous carbuncle from pathological material and animal products and its molecular genetic analysis [21].

Some previously published reports on the detection of antibodies in animals inoculated against emphysematous carbuncle by various serologic reactions (RA, long precipitation reaction, indirect immune fluorescence reaction) remained only within the framework of laboratory studies and were not accepted for practical use.

However, the need for the development of serological methods for the diagnosis of emphysematous carbuncle is obvious, since this method can be used to detect specific antibodies in the blood serum of animals that have been infected, suspected of being infected or vaccinated against emphysematous carbuncle.

In view of the above, the aim of the present work was to develop and test an antigen for setting up a latex agglutination reaction for serologic diagnosis of this disease.

As a result of the conducted studies, the researchers developed an inactivated emphysematous carbuncle antigen obtained by disintegration of the pathogen *Clostridium chauvoei* under the influence of ultrasound with its subsequent sensitization to latex particles.

Studies in the latex agglutination reaction (LAR) using this antigen have shown the specificity and suitability of the method for the detection of specific antibodies in disease suspects and in animals vaccinated against the disease.

Comparative serologic studies of tested blood sera in LAR in comparison with the known RA method showed that RA was much inferior to LAR in terms of sensitivity (33.3 - 54.5%). In studies of healthy and immunized animals with heterologous vaccines, the same negative results of both reactions were obtained, which testify to the specificity of the compared methods, LAR compares favorably with RA in terms of reaction time (RA is carried out within 16-18 hours, LAR within 5-6 hours), as well as the pronounced manifestation of the agglutination phenomenon when reading the reaction results. LAR does not require complex laboratory equipment (thermostats, water baths, etc.) and can be performed in the field.

Taking this into account, in further studies, LAR with the developed antigen was used to detect specific anti-emetic antibodies in the blood serum of animals.

Postvaccinal studies of animals immunized against emphysematous carbuncle under production conditions, delivered from different regions of the country, were carried out. It was found that in 23 days after vaccination the average antibody titers in animals in LAR were 1:45; in 30 and 35 days, respectively, 1:34 and 1:37; in 150 days postvaccinal antibodies were detected in 76.6% of animals, the average titers of which were equal to 1:11, indicating a very low level of immune response of the organism.

To study the dynamics of postvaccinal antibodies, 10 experimental animals were

injected with emphysematous carbuncle vaccine according to the instructions for use. Immunized animals were subjected to serological tests after 30, 90, 150 and 180 days.

The average antibody titer in animals 30 days after vaccination was found to be 1:33. In the following terms of the study (90, 150 and 180 days) the average antibody titer in animals was 1:29, 1:16 and 1:8, respectively. It should be noted that in the studies in 180 days after vaccination in 3 animals (30%) antibodies were not detected at all. The obtained data shows that in this farm a satisfactory level of immune response in vaccinated animals was maintained only up to 90 days, and in terms of 150 and 180 days after vaccination titers of post-vaccination antibodies decreased by 2 and 4 times, respectively. These data indicate a sharp decrease in immunity to the causative agent of emphysematous carbuncle and the need to take measures to correct the immune state of animals.

Conclusion. Taking into account the absence of effective serological methods of diagnostics of emphysematous carbuncle allowing to determine the state of immune response in vaccinated animals, the authors developed an inactivated antigen obtained by disintegration of the pathogen *Clostridium chauvoei* under the influence of ultrasound with its subsequent sensitization to latex particles.

LAR with the use of antigenic latex diagnosticum allows to detect specific antibodies in the blood serum of cattle to the causative agent of emkar in animals suspected of the disease and vaccinated against this infection. Using this method, the dynamics and level of postvaccinal antibody titers in the blood serum of cattle were analyzed. It was found that a sufficient level of postvaccinal antibody titers in immunized animals remained only up to 90 days, and on 150 and 180 days after vaccination the titers of postvaccinal antibodies decreased by 2 and 4 times, respectively. These data indicate the need to take measures to correct the immune state of animals for emphysematous carbuncle. The results of the conducted studies should be taken into account when organizing and conducting prophylactic immunization of animals against animal emphysematous carbuncle.

Financing. The work was carried out within the framework of NTP IRN BR28712975 "Scientific support of veterinary safety: development of new diagnostic tools and therapeutic and preventive drugs against infectious diseases of animals and birds" for 2025-2027. Source of funding Committee of Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan.

References:

- [1] **Harwood, D.G.** Outbreak of intestinal and lingual *Clostridium chauvoei* infection in two-year-old Friesian heifers // *Veterinary Record*, 2007. – V. 161. – P. 307-308.
- [2] **Minett, F.C.** Pathogenesis of black quarter; tissue damage and spore latency // *The Journal of Comparative Pathology and Therapeutics*, 1948. – V. 58. – P. 201-209.
- [3] **Pires, P.S.** Intracellular survival of *Clostridium chauvoei* in bovine macrophages // *Veterinary Microbiology*, 2017. – V.199. – P. 1-7.
- [4] **Rychener, L.** *Clostridium chauvoei*, an evolutionary dead-end pathogen // *Frontiers in Microbiology*, 2017. – V. 8. – P. 1-13.
- [5] **Максимович, В.В.,** Курдеко А.П., Сансызбай А.Р., Абуталип А., Султанов А.А. Руководство по общей эпизоотологии. – Алматы, 2022. – 250 с.
- [6] **Abreu, C.C.,** Blanchard P.C., Adaska J.M., Moeller R.B., Anderson M., Navarro M.A. Pathology of blackleg in cattle in California // *J Vet Diagnostic Investig*, 2018. – P. 1991–2015.
- [7] **Heckler, R.F.,** de Lemos R.A.A., Gomes D.C., Dutra I.S., Silva R.O.S., Lobato F.C.F. Blackleg in cattle in the state Mato Grosso do Sul, Brazil: 59 cases // *Pesqui Vet Bras*, 2018. – V.38. – P. 6–14.

- [8] **Hussain R.**, Ehtisham-Ul-haque, S., Khan, I., Jabeen, G., Siddique, A.B., Ghaffar, A. Clinico-hematological, patho-anatomical and molecular based investigation of blackleg disease in Cholistani cattle Pakistan // J Agric Sci, 2021. – V. 58. – P. 1017–1025.
- [9] **Gacem, F.**, Madadi, M.A., Khecha, N., Bakour, R. Study of vaccinal properties of *Clostridium chauvoei* strains isolated during a blackleg outbreak in cattle in algeria // Kafkas Univ Vet Fak Derg, 2015. – V. 21. – P. 825–829.
- [10] **Wolf, R.** Spatial-temporal cluster analysis of fatal *Clostridium chauvoei* cases among cattle in Styria, Austria between 1986 and 2013 // Preventive Veterinary Medicine, 2017. – V.138. – P. 134–138,
- [11] **Blokhin, A.A.**, Toropova N.N., Burova, O.A., Iashin, I.V., Zakharova, O.I. Blackleg in Cattle in the Irkutsk Region. // Front Vet Sci, 2022. – V. 9. – P. 872386.
- [12] **Cortinas, T.I.** Influence of culture conditions on growth and protective antigenicity of *Clostridium chauvoei* // Journal of Applied Microbiology, 1994. – V. 77(4). – P. 382–387.
- [13] **Uzal, F.A.** Evidence-based medicine concerning efficacy of vaccination against *Clostridium chauvoei* infection in cattle // Vet Clin North Am-Food Anim Pract, 2012. – V. 28. – P. 71–77.
- [14] **Claus, K.D.**, Macheak, M.E. Preparation of a *Clostridium chauvoei* antigen and determination of protective immunity by plate agglutination test // Am. J. Vet. Res, 1972. – V. 33(5). – P. 1045–1052.
- [15] **Singer, J.M.**, Edberg, S.C., Selinger, M., Amram, M. (1979). “Quality control of the latex-fixation test” // Am. J. Clin. Pathol, 1979. – V. 72 (4). – P. 591–596.
- [16] **Abdel Hafez, S.M.**, Ismael, A.B., Svelum, A.A. (2015) Development of a rapid and specific latex agglutination test for the serodiagnosis of camelid brucellosis using the *Brucella melitensis* periplasmic protein antigen // Global Veterinary Medicine, 2015. – V. 15. – P. 260–267.
- [17] **Daly, R.F.** Blackleg (*Clostridium chauvoei* infection) in beef calves : a review and presentation of two cases with uncommon pathologic presentations // Bovine Practitioner, 2009. – V. 43. – P.153–158.
- [18] **Useh, N.M.** Blackleg in ruminants // CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources, 2006. – V. 1. – P. 1–8.
- [19] **Schocken-iturrino, R.P.** Presence of viable spores of bacteria of the genus *Clostridium* in muscle and liver of bovine slaughtered for consumption // ARS Veterinária, 2000. – V. 16. – P. 109–111.
- [20] **Hang’ombe, B.M.** Purification and sensitivity of *Clostridium chauvoei* hemolysin to various erythrocytes // Comparative Immunology, Microbiology & Infectious Diseases, 2006. – V. 29. – P. 263–268.
- [21] **Usharani, J.** Development of a recombinant flagellin based ELISA for the detection of *Clostridium chauvoei* Anaerobe, 2015. – V. 33. – P. 48–54.

References:

- [1] **Harwood, D.G.** Outbreak of intestinal and lingual *Clostridium chauvoei* infection in two-year-old Friesian heifers // Veterinary Record, 2007. – V. 161. – P. 307–308.
- [2] **Minett, F.C.** Pathogenesis of black quarter; tissue damage and spore latency // The Journal of Comparative Pathology and Therapeutics, 1948. – V. 58. – P. 201–209.
- [3] **Pires, P.S.** Intracellular survival of *Clostridium chauvoei* in bovine macrophages // Veterinary Microbiology, 2017. – V.199. – P. 1–7.
- [4] **Rychener, L.** *Clostridium chauvoei*, an evolutionary dead-end pathogen // Frontiers in Microbiology, 2017. – V. 8. – P. 1–13.
- [5] **Maksimovich, V.V.**, Kurdeko A.P., Sansyzbaj A.R., Abutalip A., Sultanov A.A. Rukovodstvo po obshhej jepizootologii. – Almaty, 2022. – 250 s. [in Russian]
- [6] **Abreu, C.C.**, Blanchard P.C., Adaska J.M., Moeller R.B., Anderson M., Navarro M.A. Pathology of blackleg in cattle in California // J Vet Diagnostic Investig, 2018. – P. 1991–2015.
- [7] **Heckler, R.F.**, de Lemos R.A.A., Gomes D.C., Dutra I.S., Silva R.O.S., Lobato F.C.F. Blackleg in cattle in the state Mato Grosso do Sul, Brazil: 59 cases // Pesqui Vet Bras, 2018. – V.38. – P. 6–14.

- [8] **Hussain R.**, Ehtisham-Ul-haque, S., Khan, I., Jabeen, G., Siddique, A.B., Ghaffar, A. Clinico-hematological, patho-anatomical and molecular based investigation of blackleg disease in Cholistani cattle Pakistan // J Agric Sci, 2021. – V. 58. – P. 1017–1025.
- [9] **Gacem, F.**, Madadi, M.A., Khecha, N., Bakour, R. Study of vaccinal properties of *Clostridium chauvoei* strains isolated during a blackleg outbreak in cattle in algeria // Kafkas Univ Vet Fak Derg, 2015. – V. 21. – P. 825–829.
- [10] **Wolf, R.** Spatial-temporal cluster analysis of fatal *Clostridium chauvoei* cases among cattle in Styria, Austria between 1986 and 2013 // Preventive Veterinary Medicine, 2017. – V.138. – P. 134–138,
- [11] **Blokhin, A.A.**, Toropova N.N., Burova, O.A., Iashin, I.V., Zakharova, O.I. Blackleg in Cattle in the Irkutsk Region. // Front Vet Sci, 2022. – V. 9. – P. 872386.
- [12] **Cortinas, T.I.** Influence of culture conditions on growth and protective antigenicity of *Clostridium chauvoei* // Journal of Applied Microbiology, 1994. – V. 77(4). – P. 382–387.
- [13] **Uzal, F.A.** Evidence-based medicine concerning efficacy of vaccination against *Clostridium chauvoei* infection in cattle // Vet Clin North Am-Food Anim Pract, 2012. – V. 28. – P. 71–77.
- [14] **Claus, K.D.**, Macheak, M.E. Preparation of a *Clostridium chauvoei* antigen and determination of protective immunity by plate agglutination test // Am. J. Vet. Res, 1972. – V. 33(5). – P. 1045–1052.
- [15] **Singer, J.M.**, Edberg, S.C., Selinger, M., Amram, M. (1979). “Quality control of the latex-fixation test” // Am. J. Clin. Pathol, 1979. – V. 72 (4). – P. 591–596.
- [16] **Abdel Hafez, S.M.**, Ismael, A.B., Svelum, A.A. (2015) Development of a rapid and specific latex agglutination test for the serodiagnosis of camelid brucellosis using the *Brucella melitensis* periplasmic protein antigen // Global Veterinary Medicine, 2015. – V. 15. – P. 260–267.
- [17] **Daly, R.F.** Blackleg (*Clostridium chauvoei* infection) in beef calves : a review and presentation of two cases with uncommon pathologic presentations // Bovine Practitioner, 2009. – V. 43. – P.153–158.
- [18] **Useh, N.M.** Blackleg in ruminants // CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources, 2006. – V. 1. – P. 1–8.
- [19] **Schocken-iturrino, R.P.** Presence of viable spores of bacteria of the genus *Clostridium* in muscle and liver of bovine slaughtered for consumption // ARS Veterinária, 2000. – V. 16. – P. 109–111.
- [20] **Hang’ombe, B.M.** Purification and sensitivity of *Clostridium chauvoei* hemolysin to various erythrocytes // Comparative Immunology, Microbiology & Infectious Diseases, 2006. – V. 29. – P. 263–268.
- [21] **Usharani, J.** Development of a recombinant flagellin based ELISA for the detection of *Clostridium chauvoei* Anaerobe, 2015. – V. 33. – P. 48–54.

ЖАНУАРЛАРДАҒЫ ЭМФИЗЕМАТОЗДЫ КАРБУНГКУЛДЫҢ СЕРОЛОГИЯЛЫҚ ДИАГНОСТИКАСЫНА АРНАЛҒАН ЛАТЕКС АНТИГЕНІ

Абуталип А.¹, ветеринария ғылымдарының докторы, профессор
Касенов М.М., ветеринария ғылымдарының кандидаты, профессор
Нурпейсова А.С.¹, PhD

Бижанов А.Б.¹, ветеринария ғылымдарының докторы, профессор
Шакибасов Е.¹, 610001 – Ветеринариялық медицина және биотехнология БББ-ның 2-курс докторанты
Макулбеков Е.², 8D09101 Ветеринариялық медицина БББ-ның 2 курс докторанты

¹«Қазақ ғылыми-зерттеу ветеринария институты» ЖШС, Алматы қ., Қазақстан

²Шәкәрім атындағы университет, Семей қ., Қазақстан

Андатпа. *Clostridium chauvoei* антигенін пайдалана отырып, латекс агглютинация

реакциясын (ЛАР) зерттеу осы ауруға қарсы вакцина егілген және эмфизематозды қара аяғы бар деп күдіктенген жануарларда спецификалық антиденелерді анықтау әдісінің ерекшелігі мен жарамдылығын көрсетті.

Вакцинациядан кейін 30 күннен кейін иммунизацияланған жануарларда қан сарысуындағы 1:30 -1:40 қан сарысуының титрі жеткілікті, ал 1:80 және 1:160 титрлері иммундық жауаптың жоғары деңгейі ретінде қарастырылуы мүмкін екендігі анықталды.

Өндірістік жағдайда иммунизацияланған жануарларда вакцинациядан кейінгі антиденелер титрінің динамикасын зерттеу кезінде вакцинациядан кейінгі 30 күннен кейін ЛАР-дағы антиденелердің орташа титрінің 1:33-ке тең екендігі анықталды. Эмкарға қарсы иммунизацияланған жануарларда антиденелердің жеткілікті деңгейі тек 90 күнге дейін сақталды; 150-ші күні вакцинациядан кейінгі антиденелердің орташа титрлері 30-шы күні белгіленген титрлермен салыстырғанда екі есеге, ал 180 күннен кейін 4 есеге төмендеді. Бұл деректер вакцинациядан кейін 150 күннен бастап вакцинацияланған жануарларда иммундық жауап деңгейінің төмендеуін және эмфизематозды карбункулы бар жануарлардың иммундық жағдайын түзету бойынша шаралар қабылдау қажеттігін көрсетеді. Жануарларды эмфизематозды карбункулға қарсы профилактикалық иммунизациялауды ұйымдастыру және жүргізу кезінде жүргізілген зерттеулердің нәтижелерін ескеру қажет.

Тірек сөздер: вакцина, *Clostridium chauvoei*, латексті антиген, латекс-агглютинация реакциясы, эмфизематозды карбункул.

ЛАТЕКС АНТИГЕН ДЛЯ СЕРОЛОГИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ЭМФИЗЕМАТОЗНОГО КАРБУНКУЛА ЖИВОТНЫХ

Абуталип А.¹, доктор ветеринарных наук, профессор

Касенов М. М.¹, кандидат ветеринарных наук, профессор

Нурпейсова А.С.¹, PhD

Бижанов А.Б.¹, доктор ветеринарных наук, профессор

Шакибасов Е.¹, докторант PhD 2 курса по специальности 610001 – «Ветеринарная медицина и биотехнология»

Макулбеков Е.², докторант 2 курса по ОП 8D09101 – «Ветеринарная медицина»

¹ТОО «Казахский научно-исследовательский ветеринарный институт», Алматы қ., Казахстан

²Университет имени Шакарима, Семей қ., Казахстан

Аннотация. Исследования в реакции латекс-агглютинации (РЛА) с использованием антигена *Clostridium chauvoei* показала специфичность и пригодность метода для выявления специфических антител у вакцинированных против этой болезни и подозреваемых в заболеваний эмфизематозным карбункулом животных.

Установлено, что титр сыворотки в РЛА 1:30 -1:40 у иммунизированных животных через 30 дней после вакцинации можно считать как достаточный, а титр 1:80 и 1:160 как высокий уровень иммунного ответа.

При изучении динамики поствакцинальных титров антител у иммунизированных животных в производственных условиях установлено, что средний титр антител в РЛА через 30 дней после вакцинации был равен 1:33. У иммунизированных против эмкара животных достаточный уровень антител сохранялся только до 90 дней, на 150 день средние титры поствакцинальных антител снизились в два раза по сравнению с титрами установленные на 30 день, а через 180 дней в 4 раза. Эти данные указывают на снижение уровня иммунного ответа у привитых животных начиная с 150 дней после вакцинации и о необходимости принятия мер по коррекции иммунного состояния животных по эмфизематозному карбункулу. Результаты проведенных исследований необходимо учесть при организации и проведении профилактической иммунизации животных против эмфизематозного карбункула.

Ключевые слова: вакцина, *Clostridium chauvoei*, латексный антиген, реакция латекс-агглютинации, эмфизематозный карбункул.

СҮТТІ БАҒЫТТАҒЫ ЗААНЕН ЕШКІ ТӨЛДЕРІН ӨСІРУ ӘДІСТЕРІ

Қадыкен Р., ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор
duisen8888@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-1515-3002>

Баймәжі Е.Б., ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты
erlik.baimazhi@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0002-7683-0209>

Жумағалиева Г.М., PhD
zhumagalieva.g@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8747-6850>

Сансызбаева Б.Қ., PhD
Bibigul19_93@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-2602-8925>

Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы қ., Қазақстан

Аңдатпа. Бұл мақалада сүтті бағыттағы ешкі тұқымдарының ішінде ең кең таралған және өнімділігі жоғары тұқымдардың бірі – заанен ешкісі мен оның төлдерін өсіру әдістері қарастырылады.

Заанен ешкісі – жоғары сүт өнімділігімен ерекшеленетін, негізінен Швейцарияда шығарылған, бүгінде көптеген елдерде кеңінен қолданылып жүрген сүтті бағыттағы асыл тұқымды ешкі. Оның төлдері болашақта аналық және аталық мал басын жаңартып, сүт өндірісін арттыруда маңызды рөл атқарады.

Зерттеу барысында төл өсірудің заманауи және дәстүрлі әдістері, төлдердің алғашқы күндерінен бастап дұрыс күтім жасау, азықтандыру, денсаулығын бақылау және қолайлы микроклиматты қамтамасыз ету сынды аспектілер қамтылған. Сонымен қатар, еркек лактардың тез жетілуі мен өміршеңдігін арттыру үшін қолданылатын зоотехниялық және технологиялық шаралар да жан-жақты сипатталған.

Зерттеу барысында заанен ешкі төлдерін өсірудегі тиімді тәсілдер мен тәжірибелік ұсыныстар жүйеленіп, оларды шаруашылық жағдайында қолданудың практикалық маңызы анықталады. Зерттеу жұмысы мал шаруашылығымен айналысатын мамандарға, фермерлерге және ауыл шаруашылығы саласында білім алып жатқан студенттерге пайдалы мәлімет береді.

Тауарлық сүттің сапасын арттыру және заанен тұқымды ешкі төлінің тірі салмақ қосу көрсеткіштерін жақсарту үшін туылғаннан бес күндік жастан бастап оларды құрамында 3% қант пен 1% пробиотик бар сүт алмастырғышпен қолдан өсіру тиімді болып табылады.

Тірек сөздер: Сүт өнімділігі, азықтандыру, селекция, технология, микроклимат.

Кіріспе. Сүтті бағыттағы ешкі шаруашылығы қазіргі мал шаруашылығының перспективалы салаларының бірі болып саналады. Әсіресе Заанен тұқымды ешкілері жоғары сүт өнімділігімен, сүттің сапалық көрсеткіштерінің тұрақтылығымен және әртүрлі климаттық жағдайларға бейімділігімен ерекшеленеді. Соңғы жылдары әлемдік және отандық зерттеулерде ешкі сүтінің тағамдық және функционалдық қасиеттеріне, сондай-ақ оны өндірудің тиімді технологияларына ерекше көңіл бөлінуде [1,2,3,10].

Ешкі сүті өзінің биохимиялық құрамымен сиыр сүтінен айтарлықтай ерекшеленеді. Оның құрамында май түйіршіктерінің ұсақтығы мен жеңіл сіңімділігі адам организмі үшін құнды диеталық өнім ретінде қолдануға мүмкіндік береді [5]. Сонымен қатар, ешкі сүті балалар тағамы өндірісінде сиыр сүтіне балама ретінде кеңінен зерттеліп, функционалдық өнімдер жасауға негіз болуда [9]. Осыған байланысты сүтті бағыттағы ешкі шаруашылығын дамыту, әсіресе Заанен тұқымының генетикалық әлеуетін тиімді пайдалану өзекті ғылыми және өндірістік мәселе болып табылады.

Заанен ешкілері әлемдік генофондта жоғары өнімді сүтті тұқым ретінде бағаланады. Олардың селекциялық ерекшеліктері мен өнімділік потенциалы көптеген елдерде зерттеліп, асылдандыру бағдарламаларында кеңінен қолданылуда [3]. Қазақстан жағдайында да бұл тұқымның бейімделуі мен өнімділігіне қатысты бірқатар ғылыми зерттеулер жүргізіліп, олардың сүт өнімділігі мен морфологиялық көрсеткіштері айқындалған [2,4,7,8]. Алайда жоғары өнімділікті қамтамасыз ету тек генетикалық факторларға ғана емес, сонымен қатар

төлдерді дұрыс өсіру технологияларына да тікелей байланысты.

Ешкі төлдерін (лақтарды) өсіру әдістері сүтті бағыттағы шаруашылықтардың тиімділігін анықтайтын негізгі факторлардың бірі болып табылады. Ерте жастағы азықтандыру, енелерінен бөлу мерзімі, ұстау жағдайлары және стресс факторларын басқару төлдердің өсу қарқыны мен болашақ өнімділігіне тікелей әсер етеді [11,12]. Заманауи зерттеулерде төлдерді ерте кезеңнен бастап дұрыс азықтандыру мен күтім жасау ас қорыту жүйесінің, әсіресе күйіс қайыратындардың қарын бөліктерінің (румен) дамуына айтарлықтай ықпал ететіні көрсетілген [14]. Ерте бөлу (weaning) кезеңі төл ағзасы үшін физиологиялық және иммунологиялық тұрғыдан күрделі кезең болып табылады. Бұл уақытта стресс деңгейінің жоғарылауы, иммундық жүйенің әлсіреуі және өсу қарқынының төмендеуі сияқты құбылыстар байқалуы мүмкін [16]. Сондықтан қазіргі уақытта ғылыми қауымдастықта төлдерді өсірудің стресс факторларын азайтатын технологиялар мен тиімді басқару жүйелерін әзірлеу өзекті болып отыр [13,17]. Сонымен қатар әртүрлі өсіру жүйелерінде төлдердің өнімділігі мен физиологиялық жағдайын салыстырмалы бағалау жүргізілуде [15].

Қазақстанның әртүрлі аймақтарында, соның ішінде Ақмола облысында жүргізілген зерттеулер Заанен тұқымды ешкі төлдерінің салмағы мен сызықтық өсу көрсеткіштерінің аймақтық ерекшеліктерін айқындап берді [2]. Бұл мәліметтер жергілікті климаттық және азықтық жағдайларды ескере отырып, оңтайлы өсіру технологияларын әзірлеудің қажеттілігін көрсетеді. Сонымен қатар, Қазақстандағы Заанен ешкілерінің сүт өнімділігі мен сапалық көрсеткіштері де жан-жақты зерттеліп, олардың өндірістік әлеуеті жоғары екендігі дәлелденген [4,7]. Сондықтан ешкі төлін өсірудің әртүрлі тәсілдерінің олардың өсуі мен дамуына, аналықтарының сүт өнімділігіне әсерін зерттеу – ғылыми және практикалық тұрғыдан маңызы зор өзекті мәселе болып табылады.

Зерттеудің мақсаты ретінде тауарлық сүттің сапасын арттырып, сүтті ешкі шаруашылығының тиімділігін жоғарылататын заанен тұқымды сүтті ешкі төлін өсіру әдісін әзірлеу жұмыстарын жүргізу.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы ретінде сүтті ешкі төлін таза ешкі сүтімен және сүт алмастырғыштармен өсірудің әртүрлі тәсілдері бойынша жаңа эксперименттік деректер алынды.

Зерттеу материалдары мен әдістері. Зерттеу жұмысы сүтті бағыттағы Заанен тұқымды ешкілердің еркек лақтарын өсірудің әртүрлі технологияларының олардың физиологиялық, биохимиялық және өнімділік көрсеткіштеріне әсерін анықтау мақсатында жүргізілді. Тәжірибе Қазақстанның табиғи-климаттық жағдайларына бейімделген шаруашылық базасында орындалды.

Зерттеу нысаны ретінде туғаннан кейінгі еркек лақтар пайдаланылды. Жануарлар аналықтардың сүтін емізу, толық сүтпен жасанды өсіру және сүт алмастырғышпен азықтандыру қағидаларына сәйкес бірнеше топқа бөлінді: бақылау тобы және үш тәжірибелік топ. Топтарға бөлу кезінде бастапқы тірі салмақ пен жас көрсеткіштері ескерілді [4].

Өсірудің бастапқы кезеңінде (5 күндік жасқа дейін) барлық лақтар аналықтарының уыз сүтімен қоректендірілді. 6 күндік жастан бастап тәжірибелік топтарда біртіндеп аралас және жасанды азықтандыру жүйесіне көшу жүргізілді. Азықтандыру рационына дәнді-бұршақты шөп (ілініп қойылған шоғыр түрінде), құрама жем және минералдық қоспалар енгізілді. Құрама жемнің құрамы: арпа жармасы – 37%, бидай – 23%, бұршақ – 21%, сұлы – 16%, күнбағыс шроты – 8%, премикс – 1,5%, сондай-ақ ас тұзы мен бор қосылды. Тәжірибелік топтарда негізгі ақуыз-энергетикалық компонент ретінде сүт немесе сүт алмастырғыш қолданылды [7].

Өсіру кезеңінде әрбір жануар бойынша азық тұтыну құрылымы есепке алынды. Орташа есеппен бір басқа шаққанда бақылау және тәжірибелік топтардағы лақтардың сүт (немесе сүт алмастырғыш), құрама жем және пішен тұтыну мөлшері тіркеліп отырды [12].

Қоректік заттардың сіңімділігін анықтау үшін 2,5 айлық жаста физиологиялық тәжірибе жүргізілді. Бұл кезеңде азық пен нәжіс үлгілері алынып, құрғақ зат, органикалық зат, шикі протеин, май, клетчатка және азотсыз экстрактивті заттардың (АЭЗ) сіңімділік коэффициенттері стандартты зоотехникалық әдістер бойынша есептелді. Алынған мәліметтер топтар арасында салыстырмалы түрде талданды.

Азот алмасуын зерттеу мақсатында баланс әдісі қолданылды. Бұл үшін тәуліктік рациондағы азот мөлшері, нәжіс және несеп арқылы бөлінген азот көлемі анықталып,

организмде жиналған азот мөлшері есептелді. Нәтижесінде азоттың сіңірілуі мен пайдаланылу тиімділігі пайыздық көрсеткіштермен бағаланды [14, 15].

Жануарлардың өсуі мен дамуын бағалау үшін туғаннан бастап 3 айлық жасқа дейін тірі салмақ динамикасы өлшенді. Өлшеулер 30, 60 және 90 күндік кезеңдерде жүргізілді. Сонымен қатар орташа тәуліктік салмақ қосу көрсеткіштері әрбір жас аралығы бойынша (0–30, 30–60, 60–90 күн) және жалпы кезең бойынша есептелді. [2].

Барлық алынған деректер биометриялық әдістермен өңделді. Орташа арифметикалық мән (М), орташа қате ($\pm m$) есептеліп, топтар арасындағы айырмашылықтардың статистикалық маңыздылығы Стьюдент критерийі (t-test) арқылы анықталды. Айырмашылықтар $P < 0,05$; $P < 0,01$; $P < 0,001$ деңгейінде статистикалық тұрғыдан сенімді деп қабылданды.

Зерттеу барысында алынған нәтижелер азықтандыру түрінің қоректік заттардың сіңімділігіне, азот балансына және еркек лақтардың өсу қарқынына әсерін салыстырмалы түрде бағалауға мүмкіндік берді. Зерттеу жұмысына 40 бас еркек лақ таңдалып алынып, олардан 4 біртектес (аналогтық) топ құрылды: I (бақылау) тобы – төлдер анасына емізіп өсірілді, II (тәжірибелік) тобы – қолдан таза ешкі сүтімен қоректендірілді, III (тәжірибелік) тобы – сүт алмастырғышпен (1-рецепт), IV (тәжірибелік) тобы – сүт алмастырғышпен (2-рецепт) өсірілді.

Зерттеу нәтижелері мен талдау. Зерттеу жүргізу әдістемесіне сәйкес тәжірибелік топтардағы жануарлардың негізгі рационы келесідей болды: 5 күндік жасқа дейін еркек лақтар аналықтарының уызымен қоректендірілді, ал 6 күндік жастан бастап олар дәнді-бұршақты пішенге (ілініп қойылған шоғыр түрінде), құрама жемге (құрамы: арпа жармасы 37%, бидай 23%, бұршақ 21%, сұлы 16%, құнбағыс шроты 8%, премикс 1,5%) және минералдық қоспаларға (ас тұзы, бор) үйретілді. Бұл азықтандыру жүйесі төлдердің жасына және даму деңгейіне сәйкес таза сүтті немесе сүт алмастырғыштарды пайдаланумен қатар жүргізілді.

Өсіру кезеңі ішінде әр бір басқа есептегенде еркек лақтардың азық тұтынуы келесідей болды: Бақылау тобында 98,76 кг сүт, 11,97 кг құрама жем, 19,86 кг пішен; II-тәжірибелік топта - тиісінше 94,72 кг сүт, 11,93 кг құрама жем, 21,82 кг пішен; III және IV-тәжірибелік топтарда сүт алмастырғыш шығыны 95,8 және 95,5 кг, құрама жем 11,76 және 11,92 кг, пішен 21,69 және 22,73 кг болды [10].

Рациондағы қоректік заттардың сіңімділігі. 2,5 айлық жастағы тәжірибелік топтағы текелерге жүргізілген қоректік заттардың сіңімділігі мен зат алмасуына арналған физиологиялық тәжірибе нәтижелеріне сүйене отырып, қоректік заттардың сіңімділік коэффициенттері анықталды 1-ші кестеде келтірілген.

Ескерту: * $P < 0,05$

1-кесте мәліметтері бойынша қарайтын болсақ, қоректік заттарды қорыту және сіңіру қабілеті II-тәжірибелік топтағы жануарларда жоғары болған. Бұл топтың көрсеткіштері III және IV топтағы құрдастарымен салыстырғанда мынадай деңгейде жоғары болды: құрғақ заттың қорытылуы бойынша – 5,12% және 3,05%-ға, органикалық заттар – 3,88% және 1,94%-ға, шикі протеин – 3,92% және 2,87%-ға, май – 7,79% және 6,66%-ға ($P < 0,05$), клетчатка – 12,03% және 8,23%-ға ($P < 0,05$), АЭЗ (азотсыз экстрактивті заттар) – 2,91% және 2,97%-ға жоғары болды.

1-кесте – Еркек лақтар рационындағы қоректік заттардың сіңімділігі

пайз есебімен

Көрсеткіштер	Жануарлар тобы		
	II-тәжірибелік топ	III- тәжірибелік топ	IV- тәжірибелік топ
Құрғақ зат	82,18 $\pm$ 1,01	77,06 $\pm$ 1,36	79,13 $\pm$ 0,85
Органикалық заттар	83,01 $\pm$ 0,98	79,13 $\pm$ 1,32	81,07 $\pm$ 0,93
«Шикі» протеин	80,12 $\pm$ 0,88	76,20 $\pm$ 1,43	77,25 $\pm$ 1,51
Май	73,09 $\pm$ 0,94*	66,11 $\pm$ 1,15	66,43 $\pm$ 1,70
Клетчатка	57,23 $\pm$ 1,51*	45,02 $\pm$ 1,11	49,00 $\pm$ 0,56
АЭЗ (азотсыз экстрактивті заттар)	90,07 $\pm$ 0,72	87,16 $\pm$ 1,24	87,10 $\pm$ 1,27

IV-тәжірибелік топта еркек лақтардың қоректік заттардың сіңімділігі III топпен салыстырғанда сәл жоғары болған, бұл, болжам бойынша, сүт алмастырғыштың

құрамына қанттың қосылуымен байланысты. Қант микроағзалардың целлюлозаны ыдырату белсенділігін арттыруға ықпал етеді. Жануар организмнің ақуызға деген қажеттілігі жем құрамындағы протеин арқылы қамтамасыз етіледі. Осыған байланысты, біздің зерттеулерімізде азықпен түскен азот мөлшерін, сондай-ақ оның зәр мен нәжіспен шығарылуын ескере отырып, азот алмасуының сандық көрсеткіштері анықталды (2-кесте).

2-кесте – Тәжірибедегі жануарлар бойынша азоттың балансы мен пайдаланылуы, г/бас

Көрсеткіштер	Жануарлар тобы		
	II-Тәжірибелік топ	III-тәжірибелік топ	IV- тәжірибелік топ
Азықпен бірге қабылданды	13,08±0,15	13,01±0,25	13,32±0,29
Нәжіспен бөлінген	3,12±0,12	3,19±0,34	3,26±0,40
Несеппен бөлінген	3,23±0,20	4,36±0,49	4,02±0,65
Денедегі шөгінді	7,18±0,33	6,22±0,56	7,11±0,74
Қабылдағанға % - ға % - ға артық сіңірілгенге % - ға	53,30±1,46	47,31±0,82	51,13±1,68

***Ескерту: $P < 0,01$*

Ең тиімді түрде азық құрамындағы азотты түрлендірген – екінші топтағы жануарлар болды. Бұл топта денеде жиналған азот мөлшері ең жоғары көрсеткішке жетіп, 7,28 г құрады, яғни үшінші және төртінші топтардағы (сүт алмастырғышпен өсірілген) лақтарға қарағанда тиісінше 13,03% ($P < 0,01$) және 7,62% артық болды.

Үшінші топтағы жануарларда денеде жиналған азот мөлшері азықпен түскен жалпы азоттың 47,05%-ын құрады, бұл көрсеткіш екінші және төртінші топтағы құрдастарына қарағанда тиісінше 6,11% және 4,26% төмен. Біздің пікірімізше, еркек лақтардың организмінде азоттың жоғары деңгейде жиналуы олардың белсенді өсу кезеңінде болуымен байланысты, ал жас жануарлардың тіндерінің өсуі негізінен ақуыздық сипатқа ие.

Жануарлардың өсуі мен дамуы. Сүт кезеңінде еркек лақтардың өсуін зерттеу үшін аналықтарының жанында (табиғи жолмен) өсірілген және қолдан ешкі сүтімен немесе оның алмастырғыштарымен қоректендірілген төлдердің тірі салмақ қосуы салыстырмалы түрде талданды. Бұл жөніндегі тірі салмақтың өзгерісі туралы деректер 3-ші кестеде келтірілген. Мысалы, екінші тәжірибелік топтағы ереке лақтардың тірі салмағы тәжірибе соңында 23,08 кг болды, бұл бақылау тобымен салыстырғанда 5,4 кг немесе 23,4% артық ($P < 0,001$).

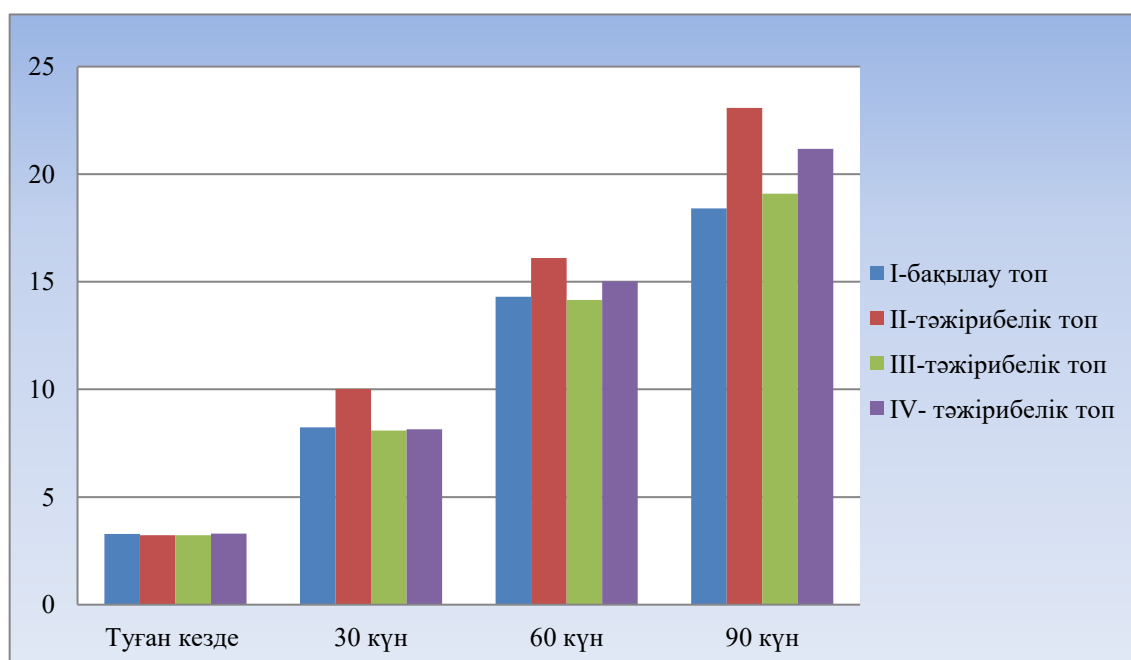
3-кесте – Ешкілердің тірі массасының динамикасы

Жасы, күні	Топтар			
	I-бақылау топ	II-тәжірибелік топ	III-тәжірибелік топ	IV- тәжірибелік топ
	Тірі салмағы, кг			
Туған кезде	3,28±0,17	3,22±0,19	3,22±0,15	3,30±0,17
30 күн	8,24±0,31	10,02±0,59 **	8,09±0,41	8,14±0,45
60 күн	14,30±0,48	16,10±0,40***	14,15±0,64	15,02±0,79
90 күн	18,40±0,81	23,08±0,49***	19,09±0,92	21,17±0,75*

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

3 айлық жасқа дейін лақтар мен төртінші тәжірибелік топтағы лақтарда ең жоғары

өсу қарқынын көрсетті, ал ең төменгі көрсеткіш бақылау тобында байқалды.



1-сурет – Тірі массасының динамикасы

Үшінші топта тірі салмақ бақылау тобынан 0,06 кг немесе 1,83% жоғары, ал төртінші топта 4,68 кг немесе 20,28% жоғары болды, бұл айырмашылықтар статистикалық тұрғыдан шынайы екені дәлелденді ($P < 0,05$). Жасанды өсіру арқылы алынған төлдердің тірі салмағының артық болуы – олар уызды, кейіннен сүт пен сүт алмастырғышты белгілі бір уақытта және олардың өсу мен даму деңгейіне сәйкес мөлшерде қабылдағанымен түсіндіріледі. Орташа тәуліктік салмақ қосу динамикасы өсіру айлары мен жануар топтары бойынша біркелкі болмағанын көрсетті (4-кесте).

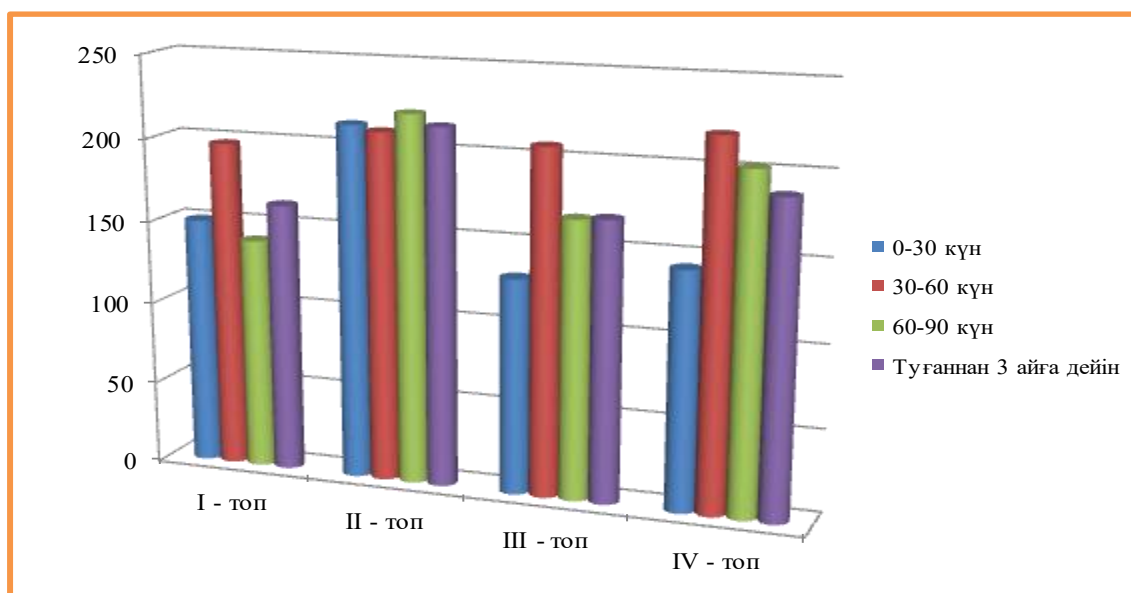
4-кесте – Еркек лақтардың орташа тәуліктік тірі салмақ қосу динамикасы, г/бас

Топтар	Жасы, күні			Туғаннан 3 айға дейін	
	0-30	30-60	60-90	г	%
I	150,2±6,18	197,5±7,13	140,0±10,2	162,8±6,11	100,00
II	213,3±14,04**	210,1±12,02	221,5±10,11***	215,0±6,10***	133,20
III	130,0±13,09	207,5±11,10	167,2±10,40	168,4±9,25	104,41
IV	143,3±4,16	219,7±7,27*	202,2±4,33***	188,1±6,01**	17,15

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

Өсіру кезеңі бойындағы орташа тәуліктік салмақ қосу көрсеткіштерін салыстырғанда, барлық топтарда тірі салмақтың жоғары қарқынмен өскені байқалды. Алайда ең жоғарғы орташа тәуліктік өсім екінші тәжірибелік топта тіркеліп, 215,0 г құрады. Ең төменгі орташа тәуліктік өсім бақылау тобында болды – 162,8 г, бұл көрсеткіш екінші топқа қарағанда 33,20%-ға төмен ($P < 0,001$), ал үшінші және төртінші топтарға қарағанда тиісінше 4,41% және 17,15%-ға төмен ($P < 0,01$).

Осылайша, алынған нәтижелер еркек лақтарды 5 күндік жастан бастап сүт алмастырғышпен қолдан өсірудің экономикалық тиімділігін дәлелдейді, бұл өз кезегінде өнім көлемінің артуына және рентабельділіктің жоғарылауына ықпал етеді.



2-сурет – Орташа тәуліктік тірі салмақ қосу динамикасы

Қорытынды. Жүргізілген зерттеулердің нәтижелеріне сүйене отырып, заанен тұқымды еркек лақтарды өсірудің әртүрлі әдістері кезіндегі өнімділігін зерттеу негізінде келесідей қорытындылар жасауға болады: Сүт алмастырғыштың жасалған рецептерін қолдану текелерді өсіру кезінде жалпы ақуыз концентрациясын 6,0–6,2%-ға арттырады, гематологиялық көрсеткіштерге теріс әсер етпейді, керісінше, морфо-биохимиялық құрам көрсеткіштерін жақсартыды: эритроциттердің гемоглобинмен қанығу деңгейі 8,02%-ға артты, қандағы кальций, фосфор және магний мөлшері тиісінше 7,93%; 3,86% және 5,75%-ға дейін өсті ($P < 0,05$), бұл өсіп келе жатқан жас жануарлар үшін өте маңызды.

Тәжірибелік топтағы еркек лақтардың өсу энергиясы қоректік заттар кешенінің жоғары сіңімділік коэффициенттерімен тікелей байланысты болды. Мысалы, II тәжірибелік топтағы жануарлар: құрғақ заттың сіңімділігі бойынша III және IV топтардан 5,12% және 3,05%-ға, органикалық заттар – 3,88% және 1,94%-ға, шикі протеин – 3,92% және 2,87%-ға, май – 7,79% және 6,66%-ға ($P < 0,05$), клетчатка – 12,03% және 8,23%-ға ($P < 0,05$), АЭЗ (азотсыз экстрактивті заттар) – 2,91% және 2,97%-ға жоғары болды.

Дене бітімі өлшемдері бойынша бақылау және тәжірибелік топ жануарлары арасында айтарлықтай айырмашылықтар анықталған жоқ. Алайда құрамында қант бар сүт алмастырғышпен өсірілген төлдер аналықтарының қасында өсірілгендермен салыстырғанда сәл басымдылық көрсетті: шоқтық биіктігі бойынша – 2,02%, кеуде ендігі – 5,12%, кеуде тереңдігі – 3,10%, жауырын айналасындағы кеуде орамы – 3,20%.

Таза сүтпен және құрамында қант бар араласпа сүтпен өсірілген тәжірибелік топтағы жануарлар азықты өнімге айналдыру қабілеті бойынша жоғары көрсеткішке ие болды. Олар бір килограм тірі салмақ қосуға бақылау тобындағы төлдерге қарағанда тиісінше 0,92 және 0,51 азық өлшеміне аз жұмсаған, бұл 25,10% және 14,22% үнемділік көрсетеді.

Әдебиеттер:

[1] **Силаникова, С.** Ешкі сүтін пайдаланудағы заманауи жетістіктер: сапа, қауіпсіздік және өндіру аспектілері / С.Силаникова, Г.Лейтнер, У.Мерин, К.Проссер // Ұсақ малдарды зерттеу, 2010. – № 89. – 110-124-б.

[2] **Шәуенов, С.Қ.**, Омарова Қ.М., Саденова М.Қ., Сұлтанов О.С. Ақмола облысындағы Заанен ешкі төлдерінің салмағы мен сызықтық өсуі // Қой, ешкі, жүн журналы, 2021. – №2. – 18-20 б.

[3] **Соколов, В.В.** Қой мен ешкінің әлемдік генофонды: Монография / В.В. Соколов және т.б.; Ижевск мемлекеттік ауылшаруашылық академиясының жоғары кәсіптік білім беру федералды мемлекеттік оқу орны. – Ижевск: РИО Ижевск мемлекеттік ауылшаруашылық академиясы, 2014. – 267 б.

[4] **Сәденова М.Х.**, Сұлтанов О.С., Омарова Қ.М., Сейітқазы Ж. Қазақстандағы Заанен ешкілерінің сүт өнімділігі. Қой мен ешкі шаруашылығын интенсификациялаудың селекциялық және технологиялық аспектілері: Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференция материалдар жинағы / – М.: Ресей мемлекеттік аграрлық университетінің баспасы – Мәскеу ауыл шаруашылық академиясы, 2019. – Б. 138140. – ISBN 978-5-9775-16.

[5] **Аттайе Р.** Ешкі сүтіндегі май түйіршіктерінің мөлшерінің таралуы / Attaie R., Richter R.L. // Сүт ғылымының журналы, 2000. – Т. 83. – 5-басылым. – 940944 б.

[6] **Чикалев А.И.**, Юлдашбаев Ю.А. Ешкі шаруашылығы: Оқу құралы. – М.: ГЕОТАР-Медиа, 2014. – 227 б.

[7] **Юсупова Г.Т.**, Құрманғалиева Д.Б., Калемшарив Б., Шадярова Ж.К. «Зеренді» асыл тұқымды мал шаруашылығы» ЖШС-де өсірілетін асыл тұқымды ешкілердің сүт сапасының көрсеткіштеріне салыстырмалы талдау жасау // Алматы технологиялық университетінің хабаршысы, 2020. – №127(2). – Б. 99-105.

[8] **Шадярова Ж.К.**, Құрманғалиева Д.Б., Ланцева Н.Н., Юсупова Г.Т. Сүтті тоқымды ешкілердің өнімділігі және сипаттамасы // АТУ Хабаршысы, 2019. – № 2. – 9-15 б.

[9] **Боровик Т.Е.**, Семенова Н.Н., т.б. Ешкі сүтін және оған негізделген бейімделген қоспаларды балалар тағамында қолдану мүмкіндігі туралы // Қазіргі заманғы педиатрия мәселелері, 2013. – Т. 12. – № 1. – 9 б.

[10] **Жайлаубаев Ж.Д.**, Смағұлова З.Т. Қазақстан Республикасындағы ешкі сүтін өңдеудің келешегі мен ерекшеліктері // Қазақстан ауыл шаруашылығы газеті «Аграрный Казахстана», 2018. – № 22 (60). – 2 б.

[11] **Vickery, H.**, Neal R., Meagher R. Rearing goat kids away from their dams: A survey to understand rearing methods. *Animal*, 2022, 16(6), 100547. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100547>

[12] **Zamuner, F.**, Leury, B.J., DiGiacomo, K. Feeding strategies for rearing replacement dairy goats From birth to kidding. *Animal*, 2023, 17, 100853.

[13] **DeVries, T.J.**, et al. Current recommendations and scientific knowledge on dairy goat kid rearing practices in intensive production systems. *Journal of Dairy Science*, 2021, 104(6), 7323–7333. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18859>

[14] **Abdelsattar, M.M.**, et al. Physical, metabolic, and microbial rumen development in goat kids: Challenges and strategies of early weaning. *Animals*, 2023, 13(15), 2420. <https://doi.org/10.3390/ani13152420>.

[15] **Voigt, H.**, et al. Management and performance of fattening lambs and goat kids in various rearing systems from Swiss dairy farms. *Frontiers in Veterinary Science*, 2025, 12, 1644500. <https://doi.org/10.3389/fvets.2025.1644500>.

[16] **Kıyıcı, C.**, et al. Analysis of weaning-induced stress in Saanen goat kids. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2013, 97, 732–739.

[17] **Tölü, C.**, et al. Effects of housing environment on weaning stress and immune response in goat kids. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 2017, 41, 635–642.

References:

[1] **Silanikova, S.** Eshki sytin pajdalanudary zamanauı zhetistikter: sapa, qauipsizdik zhәне ondiru aspektileri / S.Silanikova, G.Lejtner, U.Merin, K.Prosser // Usaq maldardy zertteu, 2010. – № 89. – 110-124-b. [in Kazakh]

[2] **Shәuenov, S.Q.**, Omarova Қ.М., Sadenova М.Қ., Sultanov O.S. Aqmola oblysyndagy Zaanen eshki tolderinin salmagy men syzyqtyq өsuı. – Qoj, eshki, zhyn zhurnalы, 2021. – №2. – 18-20 b. [in Kazakh]

- [3] **Sokolov, V.V.** Qoj men eshkinin әлемдік генотипі: Монография / V.V. Sokolov және т.б.; Izhevsk мемлекеттік ауылшаруашылық академиясының жогары кәсіптік білім беру федералды мемлекеттік оқу орны. – Izhevsk: RIO Izhevsk мемлекеттік ауылшаруашылық академиясы, 2014. – 267 б. [in Kazakh]
- [4] **Sәdenova M.H.**, Sultanov O.S., Omarova K.M., Sejitkazy Zh. Qazaqstandaғы Zaanen eshkileriniң syt өнімділігі. Qoj men eshki sharuashylyғыn intensivkacijalaudyń selekcijalyq және tehnologijalyq aspektileri: Halyqaralyq ғылыми-тәжірибелік konferenciya materialdar zhinary / M.: Resej memlekettik agrarlyq universitetiniń baspasy – Mәскеu auyl sharuashylyq akademijasy, 2019. – B. 138140. – ISBN 978-5-9775-16. [in Kazakh]
- [5] **Attaje R.** Eshki sytindegi maj tyjirshikteriniң molsheriniń taraluy / Attaje R., Richter R.L. // Syt ғылымynyn zhurnaly, 2000. – T. 83. – 5-basylym. – 940944 b. [in Kazakh]
- [6] **Chikalev A.I.**, Juldashbaev Ju.A. Eshki sharuashylygy: Oqu quraly. – M.: GEOTAR-Media, 2014. – 227 b. [in Kazakh]
- [7] **Jusupova G.T.**, Qurmangalieva D.B., Kalemshariv B., Shadjarova Zh.K. «Zerendi» asyl tuqymdy mal sharuashylygy» ZhShS-de әsiriletin asyl tуqymdy eshkilerdin syt sapasynyn kәrsetkishterine salystymaly taldau zhasau. Almaty tehnologijalyq universitetiniң habarshysy, 2020. – №127(2). – B. 99-105. [in Kazakh]
- [8] **Shadjarova Zh.Q.**, Qurmanғalieva D.B., Lanceva N.N., Jusupova G.T. Sytti toqymdy eshkilerdiң өнімділігі zhane sipattamasy // ATU Habarshysy, 2019. – № 2. – 9-15 b. [in Kazakh]
- [9] **Borovik T.E.**, Semenova N.N., t.b. Eshki sytin zhәne оған negizdelgen bejimdelen kәspalardy balalar taramynda qoldanu mymkindigi turaly // Qazirgi zamanғы pediatrija мәseleleri, 2013. – T. 12. – № 1. – 9 b. [in Kazakh]
- [10] **Zhajlaubaev Zh.D.**, Smagыlova Z.T. Qazaqstan Respublikasyndagy eshki sytin ondeudin keleshegi men erekshelikteri // Qazaqstan auyl sharuashylygy gazeti «Agrar Kazahstana», 2018. – № 22 (60). – 2 b. [in Kazakh]
- [11] **Vickery, H.**, Neal R., Meagher R. Rearing goat kids away from their dams: A survey to understand rearing methods. *Animal*, 2022, 16(6), 100547. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100547>
- [12] **Zamuner, F.**, Leury, B.J., DiGiacomo, K. Feeding strategies for rearing replacement dairy goats From birth to kidding. *Animal*, 2023, 17, 100853
- [13] **DeVries, T.J.**, et al. Current recommendations and scientific knowledge on dairy goat kid rearing practices in intensive production systems. *Journal of Dairy Science*, 2021, 104(6), 7323–7333. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18859>
- [14] **Abdelsattar, M.M.**, et al. Physical, metabolic, and microbial rumen development in goat kids: Challenges and strategies of early weaning. *Animals*, 2023, 13(15), 2420. <https://doi.org/10.3390/ani13152420>
- [15] **Voigt, H.**, et al. Management and performance of fattening lambs and goat kids in various rearing systems from Swiss dairy farms. *Frontiers in Veterinary Science*, 2025, 12, 1644500. <https://doi.org/10.3389/fvets.2025.1644500>
- [16] **Kıyıcı, C.**, et al. Analysis of weaning-induced stress in Saanen goat kids. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2013, 97, 732–739.
- [17] **Tölü, C.**, et al. Effects of housing environment on weaning stress and immune response in goat kids. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 2017, 41, 635–642.

МЕТОДЫ ВЫРАЩИВАНИЯ МОЛОДНЯКА ЗААНЕНСКИХ КОЗ МОЛОЧНОГО НАПРАВЛЕНИЯ

Кадыкен Р., кандидат сельскохозяйственных наук, ассоциированный профессор
Баймажы Е.Б., кандидат сельскохозяйственных наук
Жумағалиева Г.М., PhD
Сансызбаева Б.Қ., PhD

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

Аннотация. В данной статье рассматриваются методы выращивания молодняка зааненских коз - одной из самых распространённых и высокопродуктивных пород молочного направления.

Зааненская коза - это племенная молочная порода, выведенная преимущественно в Швейцарии, отличающаяся высокой молочной продуктивностью и широко распространённая во многих странах. Её молодняк играет важную роль в обновлении маточного и племенного поголовья, а также в увеличении производства молока в будущем [1].

Исследование охватывает такие аспекты, как современные и традиционные методы выращивания молодняка, правильный уход за молодняками с первых дней, кормление, контроль здоровья и обеспечение благоприятного микроклимата. Кроме того, подробно описаны зоотехнические и технологические меры, используемые для быстрого созревания и повышения жизнеспособности самцов лосей.

В ходе исследования систематизируются эффективные подходы и практические рекомендации по разведению молодняка зааненских коз, выявляется практическая значимость их применения в хозяйственных условиях. Исследовательская работа предоставляет полезную информацию специалистам по животноводству, фермерам и студентам, изучающим сельское хозяйство.

Для повышения качества товарного молока и улучшения показателей живого набора веса молодняка коз зааненской породы, начиная с пятидневного возраста с рождения, рекомендуется их искусственное разведение с заменителем молока, содержащим 2,5% сахара и 1,2% пробиотика [2].

Ключевые слова: молочная продуктивность, кормление, селекция, технология, микроклимат.

METHODS OF BREEDING ZAAZEN GOATS FOR DAIRY PRODUCTION

Kadyken R., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

Baymazhi E.B., Candidate of Agricultural Sciences

Zhumagaliyeva G.M., PhD

Sansyzbaev B.K., PhD

Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan

Annotation. This article will consider the methods of breeding one of the most common and high - yielding breeds of goats of the dairy direction-the zaanen goat and its cubs.

The zaanen goat is a breeding goat of the dairy direction, distinguished by high milk yield, produced mainly in Switzerland, which is widely used today in many countries. Her cubs will play an important role in the future in renewing the female and male livestock and increasing milk production [1].

The study covers such aspects as modern and traditional methods of breeding Cubs, proper care of cubs from the first days, feeding, monitoring their health and ensuring a favorable microclimate. In addition, zootechnical and technological measures used to increase the rapid maturation and viability of male cubs are also described in detail.

In the course of the study, effective approaches and practical recommendations for breeding zaanen goat Cubs are systematized and the practical significance of their application in economic conditions is determined. The research work provides useful information for specialists engaged in animal husbandry, farmers and students studying in the field of Agriculture. To improve the quality of commercial milk and improve the indicators of live weight gain of young goats of the zaanen breed, from the age of five days from birth, it is recommended to artificially breed them with a milk substitute containing 3% sugar and 1% probiotic [2].

Keywords: milk productivity, feeding, selection, technology, microclimate.

ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНА VRTN И ЕГО СВЯЗЬ С ВАРИАЦИЕЙ ЧИСЛА ГРУДНЫХ И ПОЯСНИЧНЫХ ПОЗВОНКОВ У ОВЕЦ РАЗЛИЧНЫХ ПОРОД КАЗАХСТАНА

Малмаков Н.И., доктор сельскохозяйственных наук
nurlan_malmakov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5242-6658>

Мусаева А.С., кандидат биологических наук
aimus_@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2871-1552>

Арынгазиев Б.С., кандидат сельскохозяйственных наук,
berik_aryngaziev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0256-4972>

Омашев К.Б.*, кандидат сельскохозяйственных наук,
okairly@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1140-7722>

Бекитаева А.К., магистр естественных наук
aidana.bekitayeva@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7301-6626>

Кожаметова Д.Д., магистр биологических наук
ddiyeol@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-3081-2113>

РГП «Институт генетики и физиологии» КН МНВО РК, г. Алматы, Казахстан

Аннотация. Целью настоящего исследования являлось выявление полиморфизма гена VRTN (vertnin) и оценка его ассоциации с вариацией числа грудных и поясничных позвонков, а также показателями мясной продуктивности у овец различных пород, разводимых в Казахстане. Объектами исследования послужили животные Казахской курдючной грубошерстной породы, Етті меринос, Гемпшир, а также помеси Гиссарской породы из хозяйств Жамбылской, Жетісу и Алматинской областей. Подсчет позвонков у живых животных проводили с использованием переносного рентгеновского аппарата, у убойных – непосредственно на тушах.

Полный ген VRTN был амплифицирован методом полимеразной цепной реакции и секвенирован по Сенгеру. В результате установлен однонуклеотидный полиморфизм rs608218029 (G>C), локализованный на 7-й хромосоме овцы. Носительство данного варианта выявлено у 20,0% животных с дополнительными грудными и/или поясничными позвонками и лишь у 2,5% особей контрольной группы. В исследованной выборке преобладал генотип G/G (91,7%), генотип C/C составил 8,3%, гетерозиготный вариант G/C не обнаружен.

Анализ продуктивных показателей показал, что потомство длиннотелых баранов характеризуется более высоким выходом туши, увеличенным убойным выходом и лучшими показателями коэффициента мясности. Полученные данные подтверждают роль гена VRTN как одного из ключевых локусов, контролирующих вариацию числа позвонков у овец, и обосновывают его использование в программах маркер-ассоциированной селекции для повышения мясной продуктивности и конкурентоспособности овцеводства.

Ключевые слова: ген VRTN; число позвонков; грудные позвонки; поясничные позвонки; SNP; полиморфизм; секвенирование по Сенгеру; мясная продуктивность; маркер-ассоциированная селекция; овцеводство.

Введение. В процессе эволюции домашних животных их размеры тела значительно варьировали между видами, породами и внутри них. Borchers et al. [1] доложили, что количество позвонков, особенно количество грудных и поясничных позвонков, значительно влияет на длину туловища и соответственно длину туши. Различия в количестве грудных и поясничных позвонков были зарегистрированы у свиней [2], овец [3] и крупного рогатого скота [4].

Ген вертнин (vertnin – сокращенное обозначение VRTN) является одним из самых значимых генетических маркеров в современной селекции и эволюционной

биологии. Он играет ключевую роль в эмбриональном развитии позвоночника, определяя количество грудных позвонков и длину туловища у позвоночных животных. Биологическая роль и механизм действия гена *вертнин* заключается в кодировании фактора связывания ДНК, который участвует в управлении сомитогенезом – процессом формирования сегментов тела или сомитов у эмбриона.

Ген *вертнин* у свиней расположен на 7-й, у человека – на 14-й, у мыши – на 15-й хромосоме. Его функция заключается в регулировании сигнальных путей, таких как например *Notch* и *Wnt*, которые определяют границы между грудным и поясничным отделами позвоночника. Мутации или полиморфизмы в этом гене приводят к увеличению числа пар ребер и позвонков.

Наибольшее количество исследований гена *вертнин* проведено на свиньях [1-7], так как у них количество ребер напрямую коррелирует с длиной туловища и выходом мяса, особенно ценного карбонада. Карбонад (от французского слова *carbonade*) – это деликатесный мясной продукт, представляющий собой свиную корейку или спинно-поясничную часть (мякоть) без кости. Отличается очень нежной консистенцией, наличием тонкого слоя жира (до 1 см) и отсутствием прожилок.

Дикие кабаны обычно имеют 19 грудных и поясничных позвонков, в то время как современные коммерческие породы благодаря отбору по гену *вертнин* имеют до 21-23 грудных и поясничных позвонков. Животные с увеличенным количеством позвонков и значит с более длинным туловищем и соответственно с другим генотипом имеют более длинные и тяжелые туши. В свиноводстве в селекционно-племенной работе ген *вертнин* используется как основной маркер в породах крупная белая, ландрас, дюрок и йоркшир.

Японские исследователи Hirose et al. [5] установили связь между количеством позвонков и размером тела у свиней и признаками мясной продуктивности. У чистопородных свиней породы дюрок содержание внутримышечного жира в длиннейшей мышце спины было связано с генотипом *вертнин*. Среднее значение внутримышечного жира в этой мышце у особей с диким генотипом (*Wt/Wt*) составило 5,22% и было больше, чем у особей с генотипами *Wt/Q* (4,99%) и *Q/Q* (4,79%). Кроме того, аллель *Wt* оказывал положительное влияние на племенную ценность. Генотип *вертнин* был связан с длиной тела. Особи с генотипом *Q/Q* (100,0 см) были длиннее, чем особи с генотипами *Wt/Q* (99,5 см) и *Wt/Wt* (98,9 см). Авторы исследования не обнаружили связи между генотипом *вертнин* и другими экономически важными или производственными признаками. Они предположили, что в дополнение к количеству грудных позвонков и поддержанию желательного значения толщины спинного жира, *вертнин* может выступать в качестве генетического маркера содержания внутримышечного жира.

У млекопитающих формирование позвоночника является критическим этапом развития. Строгий контроль этого процесса обеспечивает то, что количество позвонков у различных видов млекопитающих практически не варьирует, и у большинства видов млекопитающих не наблюдается никаких вариаций. Свиньи являются довольно уникальными животными, поскольку у них наблюдаются значительные вариации как в количестве грудных позвонков, так и в количестве поясничных позвонков. У них было обнаружено по крайней мере два гена, которые влияют на количество позвонков. По этому хозяйственно-полезному признаку имеются значительные генетические вариации. Генетики сельскохозяйственной исследовательской станции министерства сельского хозяйства США Rohrer et al. [6], проанализировали весь геном свиньи с целью выявления дополнительных геномных регионов, влияющих на этот показатель. Они исследовали 1883 животных по количеству ребер, грудных и поясничных позвонков и генотипировали их образцы ДНК с помощью Illumina Porcine SNP60

BeadChip. После редактирования данных в анализ GWA было включено 41148 маркеров SNP. Эти животные также были фенотипированы на кифоз. Кифоз – это искривление верхнего отдела позвоночника, при котором спина выгибается назад, образуя выпуклость. В норме у человека есть естественный грудной кифоз или изгиб от 20 до 40 градусов, необходимый для амортизации. Однако если угол наклона превышает норму, говорят о патологическом кифозе, который визуально проявляется как сутулость или горб.

Исследователи [6] обнаружили 53 окна по 1 Мб каждое, которые объясняли не менее 1,0% геномной вариации по количеству позвонков, в то время как 16 регионов были значимыми для кифоза. Генотип вертнин значительно влиял на количество позвонков. Область с наибольшим влиянием на количество грудных и поясничных позвонков располагалась над кластером генов *Hox B*, а наибольшая ассоциация с количеством грудных позвонков наблюдалась над кластером генов *Hox A*. Исследователи подчеркнули важность семейств генов *Hox* в развитии позвонков, поскольку были обнаружены значимые ассоциации в семействах A, B и C и отметили необходимость дальнейшей оценки и характеристики этих регионов для расширения наших знаний о развитии позвонков с использованием естественных генетических вариантов, сегрегирующих у свиней современных промышленных пород.

Варианты гена вертнин были связаны с количеством грудных позвонков у европейских свиней, но эта связь не была подтверждена у китайских местных свиней. Yang et al. [7] провели полногеномное ассоциативное исследование китайских свиней породы Эрхуалянь для исследования одной из возможных причинных мутаций гена вертнин, используя чипы Illumina Porcine 60K SNP Beadchips. Они обнаружили, что мутация вертнин в этой популяции тоже была тесно связана с количеством грудных позвонков. Исследователи также установили, что мутация вертнин имеет плеiotропные и желательные эффекты на количество сосков и длину туши (туловища) у четырех различных популяций, включая эрхуалянь, дюрок, ландрас и популяцию F2 белого дюрок × эрхуалянь. В этих популяциях не было обнаружено никакой связи между генотипом вертнин и признаками роста и жирности. Они сделали вывод, что тестирование на мутацию вертнин в программах разведения свиней не только увеличит количество позвонков и сосков, но и увеличит размер тела без нежелательного влияния на показатели роста и жирности, что в конечном итоге улучшит производство свинины. Кроме того, они опубликовали, что мутация вертнин, возможно, была унаследована европейскими свиньями от китайских свиней в результате скрещивания и, что унаследованные гены китайских свиней внесли большой вклад в развитие современных свиней европейских пород и промышленное производство свинины в европейских странах.

Moscatelli et al. [8] исследовали влияние количества сосков на материнские способности и репродуктивные показатели свиноматок. Они провели в Италии анализ для общего количества сосков и 12 других связанных параметров у 821 свиноматки большой белой породы. Все свиноматки были генотипированы с помощью массива Illumina PorcineSNP60 BeadChip. Они исследовали следующие четыре параметра: общее количество сосков, количество сосков на левой стороне, количество сосков на правой стороне и максимальное количество сосков при сравнении двух сторон и идентифицировали значимые маркеры на SSC7 в области гена вертнин. Значимые маркеры для количества задних сосков и абсолютной разницы между количеством передних и задних сосков были последовательно идентифицированы на SSC6. Наиболее значимым SNP для этих параметров был интронный вариант в гене TOX 3. Для остальных четырех параметров: абсолютная разница между двумя сторонами, передние соски, соотношение между задними и передними сосками, отсутствие или

наличие дополнительных сосков были идентифицированы только предположительно значимые маркеры на нескольких других хромосомах. Авторы публикации еще раз подтвердили значительное влияние области гена вертнин на изменчивость количества сосков у итальянской популяции свиней большой белой породы и определили область генома, потенциально влияющую на биологические механизмы, контролирующие развитие морфологических признаков у свиней.

Park et al. [9] в Южной Корее исследовали генетическую основу количества сосков у свиноматок, которое является важным показателем их репродуктивной способности. Они собрали и прогенотипировали 20353 свиней трех пород дюрок, ландрас и йоркшир с помощью чипа Porcine SNP60K Bead Chip, а также проанализировали фенотипические данные 240603 свиней. Значения наследуемости общего количества сосков составили $0,33 \pm 0,02$; $0,51 \pm 0,01$ и $0,50 \pm 0,01$ у свиней этих пород соответственно. С помощью геномного ассоциативного исследования были выявлены значимые хромосомные области, связанные с количеством сосков у свиней пород дюрок (SSC7 и SSC9), ландрас (SSC3, SSC7 и SSC18) и йоркшир (SSC7, SSC8 и SSC10). Один из маркеров MARC0038565, расположенный между генами вертнин и синапса, дифференцировки-индуцирующего 1-подобного (SYNDIG1L), показал самую сильную ассоциацию у свиней дюрок и был значимым у всех пород. У свиней ландрас и йоркшир наиболее значимые маркеры были расположены в пределах генов апоптоз-резистентного E3 убиквитин-протеин-лигазы 1 (AREL1) и латентного трансформирующего фактора роста бета-связывающего белка 2 (LTBP2) в SSC7, соответственно. Таким образом, авторы исследования сделали вывод, что вертнин является кандидатным геном, регулирующим количество сосков и, что большинство маркеров расположены в SSC7, что указывает на их значимость в определении количества сосков и их потенциал в качестве ценных целей геномного отбора для улучшения этого признака. В SSC7 были идентифицированы обширные блоки связанного неравновесия, что подтверждает их использование в стратегиях геномного отбора. Это исследование предоставляет собой ценную информацию о генетической архитектуре количества сосков у свиней и помогает идентифицировать кандидатные гены и геномные регионы, которые могут влиять на этот экономически важный признак.

Burgos et al. [10] опубликовали, что SNP (748 C>T) в гене NR6A1 и вставка (g.20311_20312ins291) в гене вертнин влияют на количество позвонков у свиней. Частота аллелей обоих генов была исследована у шести западных пород, а влияние вставки вертнин на некоторые фенотипические признаки у помесей дюрок х ландрас/большая белая. Аллель NR6A1 с. 748T, связанный с большим количеством позвонков, оказался фиксированным у большинства исследованных пород, за исключением иберийских. Аллель Ins (от англ. *insertion* – вставка) гена вертнин демонстрирует значительную вариабельность во всех исследованных породах, хотя частота аллеля Ins, по-видимому, выше у пород с более длительной историей генетической селекции. Аллель Ins связан с увеличением веса при убое, соотношениями отрубов поясницы и ребер, а также с измененными свойствами качества мяса, такими как потери при приготовлении мяса, содержание внутримышечного жира или выход после вяления. Авторы исследования подчеркнули полезность обоих генных маркеров для селекции свиней.

Количества ребер, грудных и поясничных позвонков являются экономически важными признаками у свиней, поскольку они влияют на длину туши и выход мяса. Хотя вертнин является хорошо известным ключевым геном, он не может полностью объяснить вариации в количестве позвонков на популяционном уровне, что требует дальнейшего изучения его генетических механизмов. Учитывая это и эффективность кроссбредных популяций в картировании генетических детерминант фенотипических

вариаций, китайские исследователи Bai et al. [11] проанализировали 439 помесных свиней ландрас × йоркшир. Генотипирование проводилось с помощью 50 К SNP-чипа. Количество грудных-поясничных позвонков и количество ребер имели высокую наследуемость 0,700 и 0,752 соответственно. Вариация количества поясничных позвонков была невысокой – 92,5% свиней имели 6 поясничных позвонков. С помощью модели BLINK было идентифицировано четыре значимых локуса. Наиболее значимый SNP, rs3469762345, расположенный в межгенном регионе между ABCD4 и VRTN, соответствует ранее известному QTL. Кроме того, три новых варианта (rs81211244, rs81347323 и rs81416674) были идентифицированы в пределах или вблизи генов ALDH7A1, PTPRT и PAK1, которые, как известно, играют роль в развитии костей. Это исследование раскрыло новые кандидатные гены свиней, которые как ген вертнин связаны с вариацией числа позвонков и ребер, что впоследствии облегчит целенаправленные исследования их молекулярных механизмов.

Геномные ассоциативные исследования (GWAS) являются классическими методами, используемыми для идентификации генетических локусов, лежащих в основе фенотипических вариаций. Эти исследования последовательно идентифицировали хромосому 7, в частности ген вертнин, как ключевой генетический детерминант вариаций числа ребер. Хотя существующие исследования подтверждают, что вертнин является ключевым геном, вариация числа ребер определяется не только этим локусом. Новые генетические локусы, влияющие на этот признак, были идентифицированы на хромосомах 1, 4 и 6 [12-14].

Ген вертнин играет ключевую роль в эмбриональном развитии позвоночных, отвечая за количество грудных позвонков и ребер. До сегодняшнего дня основные исследования гена вертнин были проведены на сельскохозяйственных животных, в основном на свиньях, но для понимания механизмов использовались и классические лабораторные животные мыши. Так Duan et al. [15] опубликовали, что вертнин является новым ДНК-связывающим фактором транскрипции, поскольку он локализуется исключительно в ядре, связывается с ДНК в масштабе всего генома и регулирует транскрипцию набора генов, содержащих мотивы связывания вертнин. Они также показали, что вертнин необходим для развития грудных позвонков. У эмбрионов с нулевым вертнином был дефект сомитогенеза с нарушением осевого вращения и меньшим количеством сомитов на стадии грудного сомита. Половина гетерозиготных мышей по этому гену демонстрировали аномальное развитие позвоночника с меньшим количеством грудных позвонков и ребер по сравнению с их дикими сородичами. Исследователи также показали, что VRTN может модулировать сегментацию сомитов через сигнальный путь Notch. Эти результаты расширяют наше понимание механизмов, лежащих в основе развития грудных позвонков у млекопитающих, а варианты вертнина, вызывающие заболевания, представляют собой надежный инструмент для улучшения производства свинины путем отбора аллелей, увеличивающих количество грудных позвонков и ребер.

На мышах проводятся фундаментальные исследования для понимания того, как именно вертнин взаимодействует с другими генами развития, такими как *Нох*-гены. Исследования показали, что полное выключение (нокаут) гена вертнин у мышей часто приводит к летальному исходу на ранних стадиях эмбриогенеза или к тяжелым порокам развития скелета. Мыши служат моделью для изучения врожденных деформаций позвоночника, наблюдаемых у человека [15].

Stecher [16] в 1962 г. опубликовал данные о количестве позвонков грудного, поясничного и крестцового отделов позвоночника у 190 лошадей и крестцового и поясничного отделов позвоночника у 256 лошадей, классифицированных по 9 видам, и показал их вариации. Шейный отдел позвоночника всегда имел 7 позвонков. Обычное

количество 18 грудных позвонков было у 161 животного из 190 (84,7%). У 18 из 190 особей (9,5%) было 17, а у 11 из 190 (5,8%) – 19 грудных позвонков. Из этих 11 случаев с 19 грудными позвонками 9 были обнаружены у 32 лошадей Пржевальского.

Согласно Stecher [16] домашняя лошадь, шетландский пони, зебры, арабские лошади и гибриды обычно имеют 6 поясничных позвонков, ослы и верблюды – 5, но во всех классах были обнаружены исключения. Лошадь Пржевальского имеет 5 или 6 равномерно разделенных позвонков. Возможно, правильно считать, что лошадь Пржевальского обычно имеет 6 поясничных позвонков с высокой частотой дорсализации L1. У 176 из 190 животных (92,6%) было подсчитано 5 крестцовых позвонков, у 49 из 190 (25,8%) – 4 крестцовых позвонка и у 9 из 190 (4,7%) – 6 крестцовых позвонков.

Количество позвонков является важной экономической характеристикой, связанной с размером тела и мясной продуктивностью животных. Однако генетическая основа количества позвонков у ослов до сих пор не до конца понятна. Китайские биологи Sun et al. [17] выявили гены-кандидаты, влияющие на количество грудных и поясничных позвонков у ослов породы Дижоу (Dezhou). Было проведено исследование с использованием данных полной последовательности генома, полученных в результате его секвенирования. Для грудных позвонков они идентифицировали 38 значимых по всему геному и 64 предполагаемых SNP, которые связаны с 7 генами (NLGN1, DCC, SLC26A7, TOX, WNT7A, LOC123286078 и LOC123280142). Для поясничных позвонков они идентифицировали 9 значимых по всему геному и 38 предполагаемых SNP, которые связаны с 8 генами (GABBR2, FBXO4, LOC123277146, LOC123277359, BMP7, B3GAT1, EML2 и LRP5). Эти гены участвуют в сигнальных путях Wnt и TGF- β и могут играть важную роль в эмбриональном развитии или формировании костей. Авторы исследования не обнаружили у ослов связи количества грудных позвонков с геном вертнин.

Ген вертнин считают «архитектором» скелета у копытных животных. Несмотря на схожую функцию, механизмы его влияния и масштаб воздействия у свиней и овец очень различаются. Число позвонков связано с длиной тела и характеристиками туши, что представляет собой экономически важную характеристику сельскохозяйственных животных. Вариация числа позвонков наблюдается у нескольких видов млекопитающих. Однако вариации числа позвонков и локусов количественных признаков у разных пород овец были мало изучены. Поэтому в последние годы активно ведутся исследования гена вертнин у овец и коз, особенно у пород с высокой мясной продуктивностью.

Yildirim et al. [18] в овцеводстве сегодня выделяют три ключевых генетических маркера на дополнительные позвонки в скелете:

1. Ген *VRTN* первоначально детально изучен у свиней, но позже аналогичные механизмы были изучены и у овец. Ген кодирует фактор транскрипции, который участвует в процессе формирования сомитов (зачатков позвонков) в эмбриональный период. Он определяет момент, когда развитие грудного отдела должно переключиться на поясничный или, когда рост позвоночника должен прекратиться. Наличие определенного варианта (аллеля) этого гена заставляет эмбрион «задержаться» на стадии формирования позвонков, в результате чего закладывается 14-й грудной или 7-й поясничный позвонок. ДНК-тест на вертнин позволяет с точностью до 90% предсказать, будет ли туша ягненка длиннее стандартной.

2. Ген *ABCD4*. Наше понимание локусов количественных признаков и генов-кандидатов, связанных с количеством позвонков у овец остается недостаточно изученным и ограниченным. Для идентификации генов-кандидатов Zhou et al. [19] собрали 73 овцы породы Ужимчин с увеличенным количеством позвонков (T13L7, T14L6 и T14L7) и 23 овцы с нормальным количеством позвонков (T13L6). Благодаря

высокопроизводительному повторному секвенированию генома они получили в общей сложности 24130801 однонуклеотидных полиморфизмов (SNP) и обнаружили, что наиболее значимая область располагалась на хромосоме 7. Здесь они идентифицировали несколько генов, включая *VRTN*, *SYNDIGIL*, *LTBP2* и *ABCD4*, которые, как известно, регулируют развитие и морфологию позвоночника. Геномное ассоциативное исследование подтвердило, что *ABCD4* является кандидатным геном, определяющим количество позвонков у овец. Кроме того, наиболее значимый SNP на хромосоме 7 был идентифицирован как кандидатный QTL. Более того, авторы исследования обнаружили две миссенс-мутации в гене *ABCD4*; одна из этих мутаций (Chr7: 89393414, C> T) в позиции 22 приводит к преобразованию аргинина (Arg) в глутамин (Gln), что, как ожидается, отрицательно влияет на функцию белка. Примечательно, что профиль экспрессии транскрипта в эмбриональном развитии мышей показал, что *ABCD4* высоко экспрессируется в критический период формирования позвонков (4,5-7,5 дней). Наше исследование выделяет *ABCD4* как потенциальный основной ген, влияющий на количество позвонков у овец породы Ужимцин, с многообещающими перспективами для будущего улучшения селекции овец с помощью генома.

3. Ген *LTBP2* (Latent Transforming Growth Factor Beta Binding Protein 2) часто называют геном длины тела. У овец он тесно связан с количеством грудных позвонков и участвует в формировании внеклеточного матрикса и росте соединительной ткани. Исследования на китайских овцах породах уджумчин показали, что полиморфизмы в этом гене напрямую коррелируют с увеличением количества ребер. Животные с нужным генотипом *LTBP2* имеют не только лишний позвонок, но и более прочные связки, что компенсирует проблему «провисания» спины.

В исследовании Zhang et al. [20] была собрана информация о поле, возрасте, весе туши, длине туши и количестве грудных и поясничных позвонков у 624 казахских курдючных овец в Китае. Влияние вариации числа позвонков на вес и длину туши оценивалось с помощью общей линейной модели. Далее с помощью секвенирования были идентифицированы полиморфные участки гена вертнин, связь между генотипом и вариацией числа позвонков была проанализирована с помощью односторонней модели дисперсионного анализа. Авторы исследования установили, что у казахских овец преобладали особи с 19 грудными и поясничными позвонками (T13L6), доля их составила 79,2%. В целом у казахских овец было от 18 до 20 грудных и поясничных позвонков вместе, что было меньше, чем у овец породы тексель, у которых их число составило от 17 до 21. Исследование показало, что количество грудных и поясничных позвонков положительно коррелировало с длиной и весом туши и было статистически достоверным для длины туши. В результате генотипирования гена вертнин исследователи обнаружили в общей сложности 9 полиморфных сайтов и предложили только один нуклеотидный полиморфизм (SNP) (rs426367238) для статистической ассоциации с количеством грудных позвонков.

Мы [21] опубликовали результаты контрольного убоя 4-х месячных баранчиков казахской курдючной грубошерстной породы и Етті меринос от подбора длиннотелых баранов к стандартным овцематкам в сравнении со сверстниками, полученными от подбора обычных баранов к обычным овцематкам. Результаты контрольного убоя показали, что в обоих породах баранчики от подбора длиннотелых баранов превосходили сверстников от подбора обычных баранов по выходу туши на 0,89-2,22%, по убойному выходу на 0,41-1,80%. У потомства длиннотелых баранов были лучшие показатели коэффициента мясности 3,46-3,62 и лучшие показатели соотношения белка и жира 1/0,94 и 1/1,11.

Для выявления кандидатных генов Li et al. [22] исследовали 400 казахских овец с увеличенным количеством грудных позвонков (T14L6) и 200 нормальных (T13L6).

Они сгенерировали и секвенировали 60 пулов геномной ДНК. Каждый пул был подготовлен путем смешивания геномной ДНК от 10 овец с одинаковыми грудными признаками со средней глубиной покрытия 25,65×. Они идентифицировали в общей сложности 42 075 402 SNP и 11 предположительно выбранных геномных регионов, включая ген вертнин и семейство генов НохА, которые регулируют развитие позвонков. Наиболее заметные области селективной элиминации были расположены в области хромосомы 7, включая вертнин, который регулирует развитие и морфологию позвоночника. Они установили, что уровень экспрессии гена вертнин во время внутриутробного развития был значительно выше у овец с большим количеством грудных позвонков, чем у овец с нормальным количеством грудных позвонков. Сравнение генома овец с увеличенным и нормальным количеством грудных позвонков показало, что ген вертнин является основным локусом селекции по количеству грудных позвонков у овец и может быть использован в селекции овец.

Черные козы Хайнана ценятся за свое мясо, но их медленный рост ограничивает продуктивность. Xu et al. [23] изучили влияние гена вертнин на мясную продуктивность коз и качество мяса. С помощью полногеномного анализа и секвенирования по методу Сэнгера они идентифицировали четыре SNP в гене вертнин, включая три миссенс-мутации (p.Pro615Ser, p.Arg490Lys, p.Thr476Met) и одну синонимичную мутацию (p.Asp688Asp), которые были связаны с важными характеристиками, такими как размер тела и нежность мяса. Другая вариация (Pro615Ser) значительно снижала активность гена и была связана с меньшими размерами тела и более легкими тушами. Эти результаты помогли найти и предоставить фермерам потенциальные инструменты для разведения лучших коз путем отбора животных с желательными вариантами гена вертнин.

С точки зрения количества известных локусов и генов, связанных с коммерчески важными признаками, овцы остаются малоизученными животными. Поэтому для увеличения производства продукции овцеводства и особенно производства мяса необходимо изучать гены, контролирующие мясную продуктивность. ПЦР-ПДРФ и ПЦР-SSCP анализы являются важными инструментами для выявления полиморфизма генов и оценки генетической изменчивости [24].

Kaleri et al. [25] изучили ген вертнин у четырех пород овец в Пакистане: балочи, ракшани, харнай и бибрик по 10 животных от каждой породы путем анализа их генетических характеристик и молекулярных маркеров. Образцы крови по 10 мл исследовали в лаборатории молекулярной генетики факультета ветеринарных и животноводческих наук университета Балочистан. Экстракцию геномной ДНК выполнили модифицированным неорганическим методом. Исследователи обнаружили, что у балочи произошла мутация аминокислоты цитозина (C) в тимин (T), у ракшани – гуанина (G) в аденин (A), у бибрик – аденина (A) в цитозин (C), у харнай – тимина (T) в цитозин (C). Максимальное расхождение составило 0,15715 п.н. по сравнению со всеми исследованными породами овец. Результаты анализов показали, что порода балочи при сравнении последовательностей имеет 95-97% сходства с другими породами и, что полосы гель-электрофореза у нее были немного выше. Исследователи заключили, что ген вертнин существует у разных пород овец и демонстрирует широкий спектр различий, даже при схожих последовательностях ДНК. Однако чистота, основанная на гене вертнин, подвержена высокому риску, поскольку между овцами пород балочи и харнай было обнаружено заметное различие.

Маркер-ассоциированная селекция является быстрым и перспективным путем повышения продуктивности сельскохозяйственных животных. На это указывает большой объем исследований в этой области и возросший интерес к поиску генов-кандидатов. Гены вертнина, соматотропина и кальпастина перспективны для

создания экспресс-тестов по увеличению мясной продуктивности и качества селекционных мероприятий.

Методы и материалы. Исследования проводились на овцах Казахской курдючной грубошерстной породы (ККГ) в КХ «Разахун» Шуского района Жамбылской области и КХ «Токан 1» Аксуского района области Жетісу, помесных овцах Гиссарской породы в КХ «Атай» Шуского района Жамбылской области, на тонкорунных овцах породы Етті меринос, в КХ «Мерей» Кербулакского района и КХ «Сариев С.М» Ескелдинского района области Жетісу и на полутонкорунных овцах породы Гемпшир в КХ «Мамед-Хасенов» Жамбылского района Алматинской области.

Для подсчета количества грудных и поясничных позвонков на живых овцах применялся переносной рентгеновский аппарат «РХР-60НФ».

Подсчет количества грудных и поясничных позвонков у убойных овец производили на тушах в убойном цехе рынка «Алтын-Орда» где так же были получены образцы мышечной ткани.

Секвенирование гена вертнин (VRTN).

Образцы ДНК для секвенирования были отобраны из двух групп: 1) экспериментальная группа (n=20), в том числе 14 из КХ «Мамед-Хасенов» от животных, обследованных методом рентгенографии, у которых были обнаружены дополнительные грудные (Т – thoracic) или поясничные (L – lumbar) позвонки (T14L7, T14L6), и 6 образцов из убойного цеха рынка «Алтын Орда», у которых при разделке туши были обнаружены дополнительные грудные позвонки (T14L6), и 2) контрольная группа (n=40), в том числе 6 из КХ «Мамед-Хасенов» от животных, обследованных методом рентгенографии, с обычным количеством грудных и поясничных позвонков (T13L6) и 34 от животных, не обследованных методом рентгенографии, с неизвестным количеством грудных и поясничных позвонков.

Выделение ДНК и выявление мутаций. Геномная ДНК экстрагирована из биоматериалов (кровь, мышечная ткань) с использованием наборов QIAamp Fast DNA Tissue Kit и QIAamp DNA Blood Mini Kit, Qiagen, GeneJET Genomic DNA Purification Kit, Thermo Scientific™ согласно протоколу производителя. Определение количественных и качественных показателей выделенного ДНК проведено на спектрофотометре NanoDrop (Thermo Fisher Scientific, США). Концентрация ДНК составляла более 50 нг/мкл, соотношение оптической плотности A260/280 находилось в пределах 1.8–2.0.

Генетическую изменчивость гена *VRTN* изучали методом секвенирования последовательности ДНК по Сенгеру. В соответствии с последовательностью гена *VRTN* овцы в базе данных GenBank (Accession number: NC_019464.1; chromosome 7, сборка Oar_v3.1) разработали 8 наборов праймеров, для первого экзона 1 праймер и второго 7 праймеров (таблица 1) с использованием программы Oligo 6.0 и синтезированы компанией Biolabmix (Москва, Россия). Семь ПЦР-фрагментов, полученных с использованием указанных выше пар праймеров, охватывали полный ген *VRTN*. Амплификацию ДНК выполняли с помощью PCR Master Mix (2X) (Thermo Fisher Scientific Baltics, UAB) в следующих условиях ПЦР: денатурация при 95°C в течение 3 минут, 35 циклов при 95°C (40 секунд), 55°C (50 секунд) и 72°C (50 секунд), затем финальная стадия элонгации при 72°C в течение 5 минут. Продукты ПЦР были очищены и секвенированы в обоих направлениях с использованием исходных праймеров на секвенаторе 3500xL Genetic Analyzer (Applied Biosystems, США) с применением набора BrilliantDye™ Terminator Cycle Sequencing Kits (NimaGen, Нидерланды) в соответствии с инструкциями производителя. Выравнивание последовательностей и поиск мутаций проводились с помощью программ MEGA 11 и Chromas 2.6.6. Ассоциация между генотипом и вариацией числа позвонков анализировалась с помощью модели однофакторного дисперсионного анализа (one-way ANOVA) (таблица 1).

Таблица 1 – Последовательности праймеров

Экзон	Тип	Последовательность	T _m	Размер bp
1	F	CACACAACAATCTATAAGGTGCAT	62	211
	R	TCCCATTCCTCTTTGGAAGAAA	62	
2	F	TCATCCAGGTACCCGTTCT	62	672
	R	GCGGATGACACGGTTAAAGTA	62	
	F	TACTACCTCCAGGGCATGAT	62	522
	R	GTAGAAGGTGCTCTTGGTGAC	62	
	F	CCTTGGAGCTGCTCAACC	62,3	683
	R	CACCCTCAGGGACAGGAA	62,5	
	F	CCGGTCCACCTACTACAAC	62,6	668
	R	TGTCCATCACCAGCACCT	63	
	F	GAGAAAGAAGCTGGCAGGAA	62	650
	R	AGAATGGTAAACAACCTGGAGACA	62	
	F	AGTGTCTACAGTGACTCTGAGG	62,4	623
	R	CCACAGCAGATGCACCAA	62,4	
	F	CATGGCCATCTGTCCCACT	63,7	503
	R	GACACCACGGGCTGTGA	63,8	

Оценка параметров популяции и биоинформационный анализ.

Для оценки частот фенотипов и аллелей генетических вариантов во всех локусах использовали прямой подсчёт. Для проверки соответствия популяций равновесию Харди-Вайнберга использовали критерий хи-квадрат (χ^2). Все оценки и анализ χ^2 рассчитали с помощью программы PopGene32 [26]. Индексы фиксации Райта (F-статистика) [27], ожидаемая гетерозиготность Нея [28] и информационный индекс Шеннона [29] для всех локусов и пород рассчитали с помощью той же программы.

Матрицы генетических расстояний, основанные на генотипах GH-HaeIII и CAST-MspI, рассчитали с помощью программы PopGene v1.32 в соответствии с генетическим расстоянием Нея [30]. Филогенетическое дерево построили с помощью алгоритма UPGMA и визуализировали с помощью iTOL (<https://itol.embl.de/>, Interactive Tree of Life, v6) [31] для ясной интерпретации.

Результаты и обсуждение. Данные средней живой массы тела животных, образцы ДНК которых были использованы для секвенирования (таблица 2).

Таблица 2 – Масса тела животных, образцы ДНК которых были секвенированы по гену вертнин

Группа	Хозяйство	Порода	Половозрастная группа	Возраст	n	Масса тела, М±m кг
1	КХ «Мамед-Хасенов»	Гемпшир	баранчики	4-5 мес.	21	34,3±0,63
1	КХ «Мамед-Хасенов»	Гемпшир	ярки	4-5 мес.	20	41,5±0,46
2	КХ «Разахун»	ККГ	ярки	4-5 мес.	5	36,2±0,92
3	КХ «Токан 1»	ККГ	ярки	4-5 мес.	5	44,2±0,64
4	КХ «Атай»	помеси гиссар	овцематки	2,5 года	4	63,8±1,89
5	КХ «Мерей»	Етті меринос	ярки	3 мес.	10	19,1±0,50
6	КХ «Сариев»	Етті меринос	ярки	13 мес.	10	43,0±0,65

По результатам секвенирования методом Сэнгера установлено наличие

полиморфизма rs608218029, расположенного в геноме овцы на хромосоме 7 (позиция 82 586 537, ген вертнин) (рисунок 1).

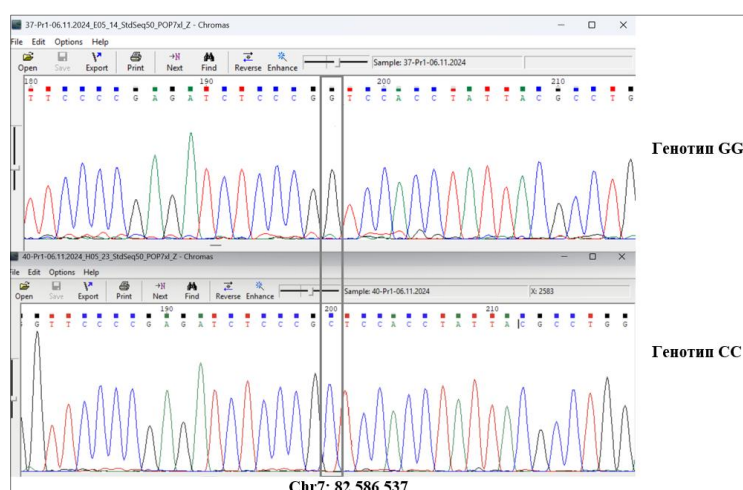


Рисунок 1 – Хроматограммы прямого секвенирования фрагмента гена вертнин, показывающие однонуклеотидную замену rs608218029 (G>C) у особей с генотипами CC и GG

Положение варианта подтверждено с помощью Genome Data Viewer (NCBI, Assembly: Oar_v3.1), где показано его расположение в составе гена вертнин на 7-й хромосоме *Ovis aries*. Носительство данного варианта обнаружено у 4 животных с дополнительными позвонками (20,0%) и лишь у 1 животного контрольной группы (2,5%) (рисунок 2).

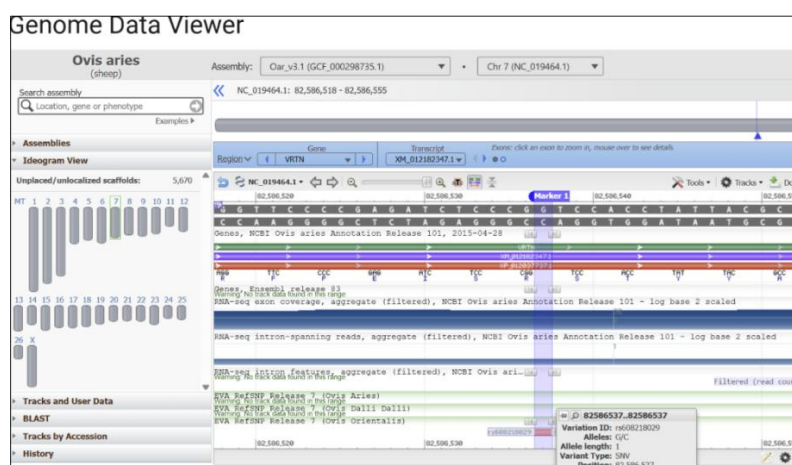


Рисунок 2 – Визуализация локализации варианта rs608218029 в составе гена вертнин на 7-й хромосоме *Ovis aries* по данным Genome Data Viewer (NCBI)
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/gdv/browser/genome/?id=GCF_000298735.1

Было выявлено 2 генотипа: G/G у 91,7% образцов и C/C у 8,3%, в том числе 3 в 1-й группе и 1 во 2-й группе. Гетерозиготный генотип G/C не обнаружен, что может быть связано с относительно малым количеством образцов (таблица 3).

Для проверки наличия статистически значимой связи между носительством минорного аллеля С и фенотипом увеличенного числа позвонков был применён точный критерий Фишера.

Таблица 3 – Генотипы по гену вертнин данных образцов, отобранных для

секвенирования

Группа	Место сбора образцов	Порода овец	Количество грудных (Т) и поясничных (L) позвонков	n	Генотип по гену <i>VERTN</i>
1	Рынок «Алтын Орда»	ККГ	T14L6	6	G/G
	КХ «Мамед-Хасенов»	Гемпшир	T14L6	8	G/G
				3	C/C
			T14L7	3	G/G
2	КХ «Мамед-Хасенов»	Гемпшир	T13L6	6	G/G
	КХ «Разахун»	ККГ	неизвестно	5	G/G
	КХ «Тоқан»	ККГ	неизвестно	5	G/G
	КХ «Атай»	помеси гиссар	неизвестно	3	G/G
				1	C/C
	КХ «Сариев»	Етті меринос	неизвестно	10	G/G
	КХ «Мерей»	Етті меринос	неизвестно	10	G/G

Статистический анализ показал наличие достоверной ассоциации между мутацией rs608218029 и фенотипом увеличенного числа позвонков ($p=0,047$). Расчёт отношения шансов (Odds Ratio, OR) показал, что носители минорного аллеля С имеют примерно в 9.75 раз более высокую вероятность наличия дополнительного позвонка по сравнению с особями, не несущими данный вариант (95% доверительный интервал: 1.0-94.5), что указывает на приблизительно 10-кратное увеличение вероятности наличия дополнительного позвонка у носителей данного аллеля. Широкий доверительный интервал отражает ограниченный размер выборки, однако выявленная тенденция указывает на возможную вовлечённость полиморфизма rs608218029 в формирование фенотипа увеличенного числа грудных и поясничных позвонков у овец.

Следует отметить, что данный вариант ранее описывался в литературе как rs426367238, ассоциированный с изменением числа грудных и поясничных позвонков у сельскохозяйственных животных. Различие в номерах rs связано с обновлением базы данных dbSNP, однако оба идентификатора соответствуют одной и той же нуклеотидной замене в гене *VRTN*. Носители аллеля С чаще имели увеличенное число грудных позвонков и 14 пар рёбер, тогда как генотип G/G ассоциирован со стандартным количеством (13 пар рёбер).

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о потенциальной вовлечённости мутации rs608218029 в формирование вариативности числа позвонков у овец, однако для окончательных выводов требуется расширение выборки и подтверждение результатов в независимых популяциях.

Выводы. В результате проведенного исследования установлен однонуклеотидный полиморфизм rs608218029 (G>C) гена *VRTN* у овец различных пород, разводимых в Казахстане, и подтверждена его ассоциация с вариацией числа грудных и поясничных позвонков. Показано, что наличие альтернативного аллеля связано с увеличением общего количества позвонков и формированием более длинного туловища.

Частотный анализ генотипов выявил преобладание варианта G/G в исследованной популяции, тогда как носительство аллеля С встречалось значительно реже и преимущественно у животных с дополнительными позвонками. Установленная

генетическая связь согласуется с данными о роли гена *VRTN* в регуляции эмбрионального формирования осевого скелета.

Анализ продуктивных показателей продемонстрировал, что потомство баранов с увеличенным числом позвонков характеризуется более высоким выходом туши, повышенным убойным выходом и улучшенными показателями мясности. Это свидетельствует о хозяйственной ценности выявленного генетического варианта и его потенциальной селекционной значимости.

Таким образом, ген *VRTN* может рассматриваться как перспективный молекулярно-генетический маркер при проведении маркер-ассоциированной селекции, направленной на увеличение мясной продуктивности овец. Полученные результаты создают научную основу для внедрения молекулярных методов отбора в практику племенной работы и повышения конкурентоспособности отечественного овцеводства.

Финансирование. Данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (Грант № BR24993004, "Разработка инновационных способов повышения продуктивности сельскохозяйственных животных с использованием физиолого-генетических подходов" 2024-2026 гг.).

Литературы:

- [1] **Borchers, N.** Reinsch N., Kalm E. The number of ribs and vertebrae in a Pietrain cross: variation, heritability and effects on performance traits. *J Animal Breeding Genetics* 2004, 121: p. 392-403. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.2004.00482.x>
- [2] **King, J.W.B.**, Roberts R.C. Carcass length in the bacon pig; its association with vertebrae numbers and prediction from radiographs of the young pig. *Animal Production* 1960, 2: p. 59-65. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0003356100033493>
- [3] **Donaldson, C.L.**, Lambe N.R., Maltin C.A., Knott S., Bunger L. Between-and within-breed variations of spine characteristics in sheep. *J Animal Science* 2013, 91: p. 995-1004. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5654>
- [4] **Yang, J.**, Wen Y., Yong L., Feng Z., Ke M., Gao X., An D. Correlation analysis for beef performance and multi-vertebra properties of Jinchuan yak. *J Domestic Animal Ecology* 2015, 36: p. 26-30.
- [5] **Hirose, K.**, Mikawa S., Okumura N., Noguchi G., Fukawa K., Kanaya N., Mikawa A., Arakawa A., Ito T., Hayashi Y., Tachibana F., Awata T. Association of swine vertnin (*VRTN*) gene with production traits in Duroc pigs improved using a closed nucleus breeding system. *Animal Science Journal* 2013, 84, 3: p. 213-221. <https://doi.org/10.1111/j.1740-0929.2012.01066.x>
- [6] **Rohrer, G.A.**, Nonneman D.J., Wiedmann R.T. and Schneider J.F. A study of vertebra number in pigs confirms the association of vertnin and reveals additional QTL. *BMC Genetics* 2015, 16: 129. <https://doi.org/10.1186/s12863-015-0286-9>
- [7] **Yang, J.**, Huang L., Yang M., Fan Y., Li L., Fang S., Deng W., Cui L., Zhang Z., Ai H., Wu Z., Gao J., Ren J. Possible introgression of the *VRTN* mutation increasing vertebral number, carcass length and teat number from Chinese pigs into European pigs. *Scientific Reports* 2016, 6, 19240. <https://doi.org/10.1038/srep19240>
- [8] **Moscatelli, G.**, Dall'Olio S., Bovo S., Schaivo G., Kazemi H., Ribani A., Zambonelli P., Tinarelli S., Gallo M., Bertolini F., Fontanesi L. Genome-wide association studies for the number of teats and teat asymmetry patterns in Large White pigs. *Animal Genetics* 2020, 51, 4. <https://doi.org/10.1111/age.12947>
- [9] **Park, J.**, Do K., Park K., Lee H. Genome-wide association study using a single-step approach for teat number in Duroc, Landrace and Yorkshire pigs in Korea. *Animal Genetics* 2023, 54, 6. <https://doi.org/10.1111/age.13357>
- [10] **Burgos, C.**, Latorre P., Altarriba J., Carrodegua J.A., Varona L., López-Buesa P. Allelic

frequencies of NR6A1 and VRTN, two genes that affect vertebra number in diverse pig breeds: A study of the effects of the VRTN insertion on phenotypic traits of a Duroc × Landrace–Large White cross. *Meat Science* 2015, 100: 150-155. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.09.143>

[11] **Bai, C.**, Fei J., Zhang X., Liu W., Ke J., Chen C., He Y., Liang S., Sun B., Sun H. A Genome-Wide Association Study of Rib Number and Thoracolumbar Vertebra Number in a Landrace × Yorkshire Crossbred Pig Population. *Biology* 2025, 14: 1068. <https://doi.org/10.3390/biology14081068>

[12] **Liu, K.**, Hou L., Yin Y., Wang B., Liu C., Zhou W., Niu P., Li Q., Huang R., Li P. Genome-wide association study reveals new QTL and functional candidate genes for the number of ribs and carcass length in pigs. *Anim. Genet.* 2023, 54: p. 435-445. <https://doi.org/10.1111/age.13315>

[13] **Niu, N.**, Liu Q., Hou X., Liu X., Wang L., Zhao F., Gao H., Shi L., Wang L., Zhang L. Genome-wide association study revealed ABCD4 on SSC7 and GREB1L and MIB1 on SSC6 as crucial candidate genes for rib number in Beijing Black pigs. *Anim. Genet.* 2022, 53: p. 690-695. <https://doi.org/10.1111/age.13237>

[14] **Zhang, L.C.**, Yue J.W., Pu L., Wang L.G., Liu X., Liang J., Yan H., Zhao K.B., Li N., Shi H.B. et al. Genome-wide study refines the quantitative trait locus for number of ribs in a Large White × Minzhu intercross pig population and reveals a new candidate gene. *Mol. Genet. Genom.* 2016, 291: 1885-1890. <https://doi.org/10.1007/s00438-016-1220-1>

[15] **Duan, Y.**, Zhang H., Zhang Z., Gao J., Yang J., Wu Z., Fan Y., Xing Y., Li L., Xiao S., Hou Y., Ren J., Huang L. VRTN is Required for the Development of Thoracic Vertebrae in Mammals. *International Journal of Biological Sciences* 2018, 14, 6: p. 667-681. <https://doi.org/10.7150/ijbs.23815>

[16] **Stecher, R.M.** Anatomical variations of the spine in the horse. *J Mammalogy* 1962, 43: p. 205-219.

[17] **Sun, Y.**, Li Y., Zhao C., Teng J., Wang Y., Wang T., Shi X., Liu Z., Li H., Wang J., Wang W., Ning C., Wang C., Zhang Q. Genome-wide association study for numbers of vertebrae in Dezhou donkey population reveals new candidate genes. *J Integr. Agric.* 2023, 22, 10: p. 3159–3169. <https://doi.org/10.1016/j.jia.2023.04.038>

[18] **Yildirim, M.**, Malmakov N., Mussayeva A.S., Orazymbetova Z.S., Bakhtybekkyzy S., Öner Y., Bekitayeva A.K., Omashev K., Aryngazyev B. A review of thoracolumbar vertebrae number variation in sheep breeding. *Small Ruminant Research* 2024, <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2024.107405>

[19] **Zhou, C.**, Zhang Y., Ma T., Wu D., Yang Y., Wang D., Li X., Guo S., Yang S., Song Y., Zhang Y., Zuo Y., Cao G. Whole-Genome Resequencing of Ujimqin Sheep Identifies Genes Associated with Vertebral Number. *Animals* 2024 14, 5: 677. <https://doi.org/10.3390/ani14050677>

[20] **Zhang, Z.**, Sun Y., Du W., He S., Liu M., Tian C. Effects of vertebral number variations on carcass traits and genotyping of Vertnin candidate gene in Kazakh sheep. *Asian-Australas J Anim Sci.* 2017, 30, 9:1234-1238. <https://doi.org/10.5713/ajas.16.0959>

[21] **Малмаков, Н.И.**, Мусаева А.С., Омашев К.Б., Арынгазиев Б.С., Оразымбетова З.С., Бахтыбеккызы Ш., Сағдат Е. Результаты использования в воспроизводстве стада баранов-производителей с длинным туловищем, в позвоночнике которых есть дополнительные позвонки. *Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты* 20247 – № 4 (104). – стр 47-57. <https://doi.org/10.37884/4-2024/05>

[22] **Li, C.**, Li M., Li X., Ni W., Xu Y., Yao R., Wei B., Zhang M., Li H., Zhao Y., Liu L., Ullah Y., Jiang Y. and Hu S. Whole-Genome Resequencing Reveals Loci Associated with Thoracic Vertebrae Number in Sheep. *Front. Genet.* 2019, 10: 674. <https://doi.org/10.3389/fgene.2019.00674>

[23] **Xu, M.**, Huang J., Wang K., Zhang Y., Zhou H., Wang F., Han J. Functional Mutations in the VRTN Gene Influence Growth Traits and Meat Quality in Hainan Black Goats. *Vet. Sci.* 2025, 12 (10), 936. <https://doi.org/10.3390/vetsci12100936>

[24] **Yousefi, S.**, Azari M. A. Genetic effect of growth hormone gene on yearling weight and wool traits in Zel sheep (Brief Report). *Archives Animal Breeding* 2012, 55, 3: 303-306. <https://doi.org/10.5194/aab-55-303-2012>

[25] **Kaleri, R.R.**, Kaleri H.A., Mughal G.A., Khosa A.N. Phenotypic and Genotypic Characterization of Sheep Breeds in Diverse Habitats of Baluchistan Province through the Analysis of the vertnin Gene. *Proceedings of the Pakistan Academy of Sciences* 2024, vol. 61, 1. DOI: [https://doi.org/10.53560/PPASB\(61-1\)1042](https://doi.org/10.53560/PPASB(61-1)1042)

- [26] **Yeh, F.C.**, Yang R.C., Boyle T. POPGENE (Version 1.3.2). Microsoft Windows-based freeware for population genetic analysis. University of Alberta and the Centre for International Forestry Research; 1999. Available from: <http://www.ualberta.ca/>
- [27] **Wright, S.** Evolution and the genetics of populations. Vol. 4. Variability within and among natural populations. Chicago: University of Chicago Press; 1978.
- [28] **Nei, M.** Analysis of gene diversity in subdivided populations //Proceedings of the national academy of sciences. – 1973. – Vol. 70. – №. 12. – P. 3321-3323. <https://doi.org/10.1073/pnas.70.12.3321>
- [29] **Lewontin, R.C.** The apportionment of human diversity. In: The Concept of Race in Natural and Social Science. Routledge, 2014: 7–24.
- [30] **Nei, M.** Genetic distance between populations //The American Naturalist. – 1972. – Vol. 106. – №. 949. – P. 283-292. <https://doi.org/10.1086/282771>
- [31] **Letunic, I.**, Bork P. Interactive Tree of Life (iTOL) v6: recent updates to the phylogenetic tree display and annotation tool //Nucleic acids research. – 2024. – Vol. 52. – №. W1. – P. W78-W82. <https://doi.org/10.1093/nar/gkae268>

References:

- [1] **Borchers, N.** Reinsch N., Kalm E. The number of ribs and vertebrae in a Pietrain cross: variation, heritability and effects on performance traits. J Animal Breeding Genetics 2004, 121: p. 392-403. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.2004.00482.x>
- [2] **King, J.W.B.**, Roberts R.C. Carcass length in the bacon pig; its association with vertebrae numbers and prediction from radiographs of the young pig. Animal Production 1960, 2: p. 59-65. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0003356100033493>
- [3] **Donaldson, C.L.**, Lambe N.R., Maltin C.A., Knott S., Bunger L. Between-and within-breed variations of spine characteristics in sheep. J Animal Science 2013, 91: p. 995-1004. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5654>
- [4] **Yang, J.**, Wen Y., Yong L., Feng Z., Ke M., Gao X., An D. Correlation analysis for beef performance and multi-vertebra properties of Jinchuan yak. J Domestic Animal Ecology 2015, 36: p. 26-30.
- [5] **Hirose, K.**, Mikawa S., Okumura N., Noguchi G., Fukawa K., Kanaya N., Mikawa A., Arakawa A., Ito T., Hayashi Y., Tachibana F., Awata T. Association of swine vertnin (*VRTN*) gene with production traits in Duroc pigs improved using a closed nucleus breeding system. Animal Science Journal 2013, 84, 3: p. 213-221. <https://doi.org/10.1111/j.1740-0929.2012.01066.x>
- [6] **Rohrer, G.A.**, Nonneman D.J., Wiedmann R.T. and Schneider J.F. A study of vertebra number in pigs confirms the association of vertnin and reveals additional QTL. BMC Genetics 2015, 16: 129. <https://doi.org/10.1186/s12863-015-0286-9>
- [7] **Yang, J.**, Huang L., Yang M., Fan Y., Li L., Fang S., Deng W., Cui L., Zhang Z., Ai H., Wu Z., Gao J., Ren J. Possible introgression of the *VRTN* mutation increasing vertebral number, carcass length and teat number from Chinese pigs into European pigs. Scientific Reports 2016, 6, 19240. <https://doi.org/10.1038/srep19240>
- [8] **Moscatelli, G.**, Dall'Olio S., Bovo S., Schaivo G., Kazemi H., Ribani A., Zambonelli P., Tinarelli S., Gallo M., Bertolini F., Fontanesi L. Genome-wide association studies for the number of teats and teat asymmetry patterns in Large White pigs. Animal Genetics 2020, 51, 4. <https://doi.org/10.1111/age.12947>
- [9] **Park, J.**, Do K., Park K., Lee H. Genome-wide association study using a single-step approach for teat number in Duroc, Landrace and Yorkshire pigs in Korea. Animal Genetics 2023, 54, 6. <https://doi.org/10.1111/age.13357>
- [10] **Burgos, C.**, Latorre P., Altarriba J., Carrodegua J.A., Varona L., López-Buesa P. Allelic frequencies of NR6A1 and VRTN, two genes that affect vertebra number in diverse pig breeds: A study of the effects of the VRTN insertion on phenotypic traits of a Duroc × Landrace–Large White cross. Meat Science 2015, 100: 150-155. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.09.143>
- [11] **Bai, C.**, Fei J., Zhang X., Liu W., Ke J., Chen C., He Y., Liang S., Sun B., Sun H. A

Genome-Wide Association Study of Rib Number and Thoracolumbar Vertebra Number in a Landrace × Yorkshire Crossbred Pig Population. *Biology* 2025, 14: 1068. <https://doi.org/10.3390/biology14081068>

[12] **Liu, K.**, Hou L., Yin Y., Wang B., Liu C., Zhou W., Niu P., Li Q., Huang R., Li P. Genome-wide association study reveals new QTL and functional candidate genes for the number of ribs and carcass length in pigs. *Anim. Genet.* 2023, 54: p. 435-445. <https://doi.org/10.1111/age.13315>

[13] **Niu, N.**, Liu Q., Hou X., Liu X., Wang L., Zhao F., Gao H., Shi L., Wang L., Zhang L. Genome-wide association study revealed ABCD4 on SSC7 and GREB1L and MIB1 on SSC6 as crucial candidate genes for rib number in Beijing Black pigs. *Anim. Genet.* 2022, 53: p. 690-695. <https://doi.org/10.1111/age.13237>

[14] **Zhang, L.C.**, Yue J.W., Pu L., Wang L.G., Liu X., Liang J., Yan H., Zhao K.B., Li N., Shi H.B. et al. Genome-wide study refines the quantitative trait locus for number of ribs in a Large White × Minzhu intercross pig population and reveals a new candidate gene. *Mol. Genet. Genom.* 2016, 291: 1885-1890. <https://doi.org/10.1007/s00438-016-1220-1>

[15] **Duan, Y.**, Zhang H., Zhang Z., Gao J., Yang J., Wu Z., Fan Y., Xing Y., Li L., Xiao S., Hou Y., Ren J., Huang L. VRTN is Required for the Development of Thoracic Vertebrae in Mammals. *International Journal of Biological Sciences* 2018, 14, 6: p. 667-681. <https://doi.org/10.7150/ijbs.23815>

[16] **Stecher, R.M.** Anatomical variations of the spine in the horse. *J Mammalogy* 1962, 43: p. 205-219.

[17] **Sun, Y.**, Li Y., Zhao C., Teng J., Wang Y., Wang T., Shi X., Liu Z., Li H., Wang J., Wang W., Ning C., Wang C., Zhang Q. Genome-wide association study for numbers of vertebrae in Dezhou donkey population reveals new candidate genes. *J Integr. Agric.* 2023, 22, 10: p. 3159–3169. <https://doi.org/10.1016/j.jia.2023.04.038>

[18] **Yildirim, M.**, Malmakov N., Mussayeva A.S., Orazymbetova Z.S., Bakhtybekkyzy S., Öner Y., Bekitayeva A.K., Omashev K., Aryngazyev B. A review of thoracolumbar vertebrae number variation in sheep breeding. *Small Ruminant Research* 2024, <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2024.107405>

[19] **Zhou, C.**, Zhang Y., Ma T., Wu D., Yang Y., Wang D., Li X., Guo S., Yang S., Song Y., Zhang Y., Zuo Y., Cao G. Whole-Genome Resequencing of Ujimqin Sheep Identifies Genes Associated with Vertebral Number. *Animals* 2024 14, 5: 677. <https://doi.org/10.3390/ani14050677>

[20] **Zhang, Z.**, Sun Y., Du W., He S., Liu M., Tian C. Effects of vertebral number variations on carcass traits and genotyping of Vertnin candidate gene in Kazakh sheep. *Asian-Australas J Anim Sci.* 2017, 30, 9:1234-1238. <https://doi.org/10.5713/ajas.16.0959>

[21] **Malmakov, N.I.**, Musaeva A.S., Omashev K.B., Aryngaziev B.S., Orazymbetova Z.S., Bahtybekkyzy Sh., Sardat E. Rezul'taty ispol'zovaniya v vosproizvodstve stada baranov-proizvoditelej s dlinnym tulovishhem, v pozvonochnike kotoryh est' dopolnitel'nye pozvonki. Izdenister, naitzheler – Issledovaniya, rezul'taty, 2024. – № 4 (104). – 47-57 66. <https://doi.org/10.37884/4-2024/05> [in Russian]

[22] **Li, C.**, Li M., Li X., Ni W., Xu Y., Yao R., Wei B., Zhang M., Li H., Zhao Y., Liu L., Ullah Y., Jiang Y. and Hu S. Whole-Genome Resequencing Reveals Loci Associated with Thoracic Vertebrae Number in Sheep. *Front. Genet.* 2019, 10: 674. <https://doi.org/10.3389/fgene.2019.00674>

[23] **Xu, M.**, Huang J., Wang K., Zhang Y., Zhou H., Wang F., Han J. Functional Mutations in the VRTN Gene Influence Growth Traits and Meat Quality in Hainan Black Goats. *Vet. Sci.* 2025, 12 (10), 936. <https://doi.org/10.3390/vetsci12100936>

[24] **Yousefi, S.**, Azari M. A. Genetic effect of growth hormone gene on yearling weight and wool traits in Zel sheep (Brief Report). *Archives Animal Breeding* 2012, 55, 3: 303-306. <https://doi.org/10.5194/aab-55-303-2012>

[25] **Kaleri, R.R.**, Kaleri H.A., Mughal G.A., Khosa A.N. Phenotypic and Genotypic Characterization of Sheep Breeds in Diverse Habitats of Baluchistan Province through the Analysis of the vertnin Gene. *Proceedings of the Pakistan Academy of Sciences* 2024, vol. 61, 1. DOI: [https://doi.org/10.53560/PPASB\(61-1\)1042](https://doi.org/10.53560/PPASB(61-1)1042)

[26] **Yeh, F.C.**, Yang R.C., Boyle T. POPGENE (Version 1.3.2). Microsoft Windows-based freeware for population genetic analysis. University of Alberta and the Centre for International Forestry Research; 1999. Available from: <http://www.ualberta.ca/>

[27] **Wright, S.** Evolution and the genetics of populations. Vol. 4. Variability within and

among natural populations. Chicago: University of Chicago Press; 1978.

[28] Nei, M. Analysis of gene diversity in subdivided populations //Proceedings of the national academy of sciences. – 1973. – Vol. 70. – №. 12. – P. 3321-3323. <https://doi.org/10.1073/pnas.70.12.3321>

[29] Lewontin, R.C. The apportionment of human diversity. In: The Concept of Race in Natural and Social Science. Routledge, 2014: 7–24.

[30] Nei, M. Genetic distance between populations //The American Naturalist. – 1972. – Vol. 106. – №. 949. – P. 283-292. <https://doi.org/10.1086/282771>

[31] Letunic, I., Bork P. Interactive Tree of Life (iTOL) v6: recent updates to the phylogenetic tree display and annotation tool //Nucleic acids research. – 2024. – Vol. 52. – №. W1. – P. W78-W82. <https://doi.org/10.1093/nar/gkac268>

КАЗАҚСТАННЫҢ ӘРТҮРЛІ ҚОЙ ТҰҚЫМДАРЫНДА VRTN ГЕНІ ПОЛИМОРФИЗМІНІҢ КЕУДЕ ЖӘНЕ БЕЛ ОМЫРТҚАЛАРЫ САНЫНЫҢ ВАРИАЦИЯСЫМЕН БАЙЛАНЫСЫ

Малмаков Н.И., ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы

Мусаева А.С., биология ғылымдарының кандидаты

Арынгазиев Б.С., ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты

Омашев К.Б.*, ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты

Бекитаева А.К., жаратылыстану ғылымдарының магистрі

Кожаметова Д.Д., биология ғылымдарының магистрі

*ҚР ҒЖБМ Ғылым комитетінің «Генетика және физиология институты» республикалық
мемлекеттік кәсіпорны, Алматы қ., Қазақстан*

Андатпа. Зерттеудің мақсаты – Қазақстанда өсірілетін әртүрлі бағыттағы қой тұқымдарында VRTN (vertnin) генінің полиморфизмін анықтау және оның кеуде және бел омыртқалары санының вариациясымен, сондай-ақ ет өнімділігі көрсеткіштерімен байланысын бағалау.

Зерттеу нысаны ретінде қазақтың құйрықты қылшық жүнді қойлары, Етті меринос, гемпшир және гиссар тұқымдарының будандары алынды. Жануарлар Жамбыл, Жетісу және Алматы облыстарының шаруашылықтарында өсірілді. Тірі малда омыртқа саны тасымалды рентген аппараты арқылы анықталды, ал сойыс малында омыртқалар ұшада есептелді.

VRTN генінің толық кодтаушы аймақтары ПТР әдісімен амплификацияланып, Сэнгер әдісі бойынша секвенирлеу жүргізілді. Зерттеу нәтижесінде 7-хромосомада орналасқан rs608218029 (G>C) нуклеотидтік алмасуы анықталды. Қосымша омыртқалары бар жануарларда осы варианттың кездесу жиілігі 20,0% құраса, бақылау тобында 2,5% болды. Популяцияда G/G генотипі басым (91,7%), C/C – 8,3%, ал гетерозиготты G/C генотипі тіркелмеді.

Қосымша омыртқалары бар қошқарлардан алынған төлдерде ұша шығымы, сою шығымы және еттілік коэффициенті жоғары екені анықталды. Алынған нәтижелер VRTN генінің омыртқа санының негізгі генетикалық детерминанты екенін және оны маркерлік-ассоциативтік селекцияда қолдану қой етінің өндірістік тиімділігін арттыруға мүмкіндік беретінін дәлелдейді.

Тірек сөздер: VRTN гені; омыртқа саны; кеуде омыртқасы; бел омыртқасы; SNP; полиморфизм; секвенирлеу; ет өнімділігі; маркерлік селекция; қой шаруашылығы.

POLYMORPHISM OF THE VRTN GENE AND ITS ASSOCIATION WITH VARIATION IN THE NUMBER OF THORACIC AND LUMBAR VERTEBRAE IN SHEEP OF DIFFERENT BREEDS IN KAZAKHSTAN

Malmakov N. I., doctor of Agricultural Sciences
Musaeva A. S., candidate of Biological Sciences
Aryngaziev B. S., candidate of Agricultural Sciences
Omashev K. B. *, candidate of Agricultural Sciences
Bekitaeva A. K., Master of Natural Sciences
Kozhakhmetova D.D., Master of Biological Sciences

Institute of Genetics and Physiology, Committee of Science, Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan

Annotation. The present study aimed to identify polymorphism in the VRTN (vertnin) gene and to evaluate its association with variation in the number of thoracic and lumbar vertebrae as well as meat production traits in sheep bred in Kazakhstan. The research included Kazakh Fat-rumped coarse wool sheep, Yetti Merino, Hampshire, and Hissar crossbreds raised in farms of the Zhambyl, Zhetysay, and Almaty regions. The number of vertebrae in live animals was determined using portable radiography, whereas carcass examination was performed in slaughtered animals.

The complete VRTN gene was amplified by polymerase chain reaction and sequenced using the Sanger method. A single nucleotide polymorphism rs608218029 (G>C) located on ovine chromosome 7 was identified. The variant was detected in 20.0% of animals with additional thoracic and/or lumbar vertebrae and in only 2.5% of control animals. The G/G genotype predominated in the population (91.7%), while the C/C genotype accounted for 8.3%; no heterozygous G/C genotype was observed.

Productivity analysis demonstrated that progeny of long-bodied rams exhibited higher carcass yield, increased dressing percentage, and improved meat index coefficients. The results confirm the importance of the VRTN gene as a major locus influencing vertebral number variation in sheep and support its application in marker-assisted selection programs aimed at improving meat productivity and breeding efficiency.

Keywords: VRTN gene; vertebral number; thoracic vertebrae; lumbar vertebrae; SNP; polymorphism; Sanger sequencing; meat productivity; marker-assisted selection; sheep breeding.

**НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ СОЗДАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ
БЕЗАЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕТРАДИЦИОННОГО
РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ**

Кизатова М.Ж., доктор технических наук

kizatova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6481-7410>

Таутаева А.Т., докторант 2 курса образовательной программы 8D07201 – «Технология и
инжиниринг пищевых производств»

aseltau28@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-4564-9108>

¹*Казахский национальный медицинский университет имени С.Д. Асфендиярова, г. Алматы,
Казахстан*

²*Международный инженерно-технологический университет, г. Алматы, Казахстан*

Аннотация. В условиях роста распространённости заболеваний опорно-двигательного аппарата особое значение приобретает разработка пищевых продуктов профилактической направленности. Функциональные безалкогольные напитки рассматриваются как эффективная форма доставки биологически активных веществ благодаря высокой биодоступности, удобству потребления и возможности целенаправленного формирования состава.

Целью работы является анализ современных научных подходов к созданию функциональных напитков на основе растительного сырья, обладающих потенциалом профилактики дегенеративных и воспалительных заболеваний суставов. Рассмотрены фитохимические особенности ингредиентов, включая полифенолы, флавоноиды, антоцианы и полисахариды, а также их влияние на состояние соединительной и хрящевой ткани. Особое внимание уделено базилику, сое, вишне и стевии как источникам соединений с антиоксидантными и противовоспалительными свойствами.

Методология исследования основана на анализе научных публикаций международных баз данных с применением системного и сравнительного подходов, что позволило рассмотреть напитки как многокомпонентные системы.

Показано, что сохранение биологической активности компонентов требует применения современных технологий, включая мягкие методы обработки, ферментацию и инкапсулирование. Отмечены перспективы персонализированного питания и использования нетрадиционного растительного сырья при разработке напитков профилактического назначения.

Ключевые слова: растительное сырьё, функциональные напитки, заболевания суставов, хондропротекторы, фитокомпоненты.

Введение. Заболевания опорно-двигательного аппарата (ОДА), включая остеоартрит, остеопороз и ревматоидный артрит, остаются одними из наиболее распространенных хронических патологий XXI века. По оценкам специалистов, во всём мире от дегенеративных заболеваний суставов страдает более 500 миллионов человек, причём численность больных неуклонно растёт на фоне старения населения и увеличения продолжительности жизни.

Особое место в профилактике заболеваний суставов занимают функциональные безалкогольные напитки, как удобная форма доставки биоактивных веществ с высокой степенью усвояемости и привлекательными органолептическими характеристиками.

Данные исследований, представленные А. Sieza и соавторами в рамках проекта «Глобальное бремя болезней», свидетельствуют о том, что около 1,71 млрд человек во всем мире страдают нарушениями и заболеваниями костно-мышечной системы [1]. Несмотря на то, что распространенность заболеваний костно-мышечной системы варьирует в зависимости от возраста и нозологической формы, данные патологии встречаются у лиц всех возрастных групп и во всех регионах мира.

Наибольшее число пациентов с заболеваниями костно-мышечной системы отмечается в странах с высоким уровнем дохода (441 млн человек), далее следуют страны Региона Западной части Тихого океана (427 млн человек) и Региона Юго-Восточной Азии (369 млн человек).

Заболевания костно-мышечной системы занимают одно из ведущих мест среди причин инвалидности: на их долю приходится около 149 млн лет жизни, прожитых с инвалидностью, что составляет приблизительно 17 % от общего глобального бремени инвалидности [1].

Разработка новых рецептов на основе растительных экстрактов, дикорастущего сырья и фитоконцентратов рассматривается как составная часть более широкого технологического перехода к продукции шестого технологического уклада, для которого характерен приоритет ресурсосберегающих, биоориентированных и здоровьесберегающих технологий. В связи с этим исследование потенциала растительного сырья в качестве функционального ингредиента безалкогольных напитков представляет собой важную научно-практическую задачу современной пищевой индустрии. Данное направление не только отвечает актуальным требованиям рынка функциональных продуктов питания, но и способствует формированию научно обоснованных подходов к профилактике хронических заболеваний посредством коррекции рациона питания [2].

Материалы и методы. Материалами исследований послужили научные публикации, посвященные разработке, моделированию и оптимизации рецептов функциональных напитков, индексируемые в международных базах данных Scopus и Web of Science. В анализ включены статьи, опубликованные преимущественно в период 2010-2024 гг., что обеспечивает актуальность и современный уровень рассматриваемых данных. Кроме того, материалом исследования послужили научные публикации, посвященные химическому составу, пищевой ценности и определению биологических активных веществ растительных ингредиентов, физиологическим аспектам применения в пищевых системах, обеспечивающие профилактику заболеваний опорно-двигательного аппарата. В анализ были включены данные экспериментальных и обзорных работ, отражающие особенности изофлавонового профиля, фенольных соединений, полисахаридов, а также сведения о биодоступности активных компонентов и их устойчивости к технологическим воздействиям, представленные в отечественных и зарубежных источниках.

Методы исследования. Для обобщения и структурирования научной информации в настоящем исследовании применялись методы системного анализа, сравнительного анализа и классификации, которые являются общепринятыми при подготовке обзорных статей в области пищевых технологий и инженерии пищевых продуктов. Метод системного анализа использовался для рассмотрения напитков как многокомпонентных пищевых систем, в которых функциональные ингредиенты, технологические параметры и показатели качества находятся во взаимосвязанном и нелинейном взаимодействии. Такой подход позволил выявить причинно-следственные связи между составом рецептов и функциональными, технологическими и сенсорными свойствами напитков.

Результаты и обсуждения. Растительное сырье как источник биологически

активных веществ. В последние десятилетия наблюдается устойчивый рост интереса к растительным компонентам в составе функциональных продуктов питания, включая безалкогольные напитки. Это обусловлено их способностью снижать риски различных заболеваний, в том числе заболеваний суставов, а также широкими возможностями для технологической переработки в биодобавки и экстракты, сохраняющие все полезные свойства исходного материала.

Среди биологически активных веществ, содержащихся в растительном сырье, выделяют фенольные соединения, флавоноиды, терпеновые соединения, антоцианы, полисахариды и витамины, которые обладают противовоспалительными, антиоксидантными и хондропротекторными свойствами. Например, флавоноиды - это группа соединений, широко представленных в растениях, которые оказывают влияние на обмен веществ, помогают уменьшить воспаление и блокируют процессы разрушения хрящевой ткани, что особенно важно при остеоартрите и других воспалительных заболеваниях суставов [3].

Кроме того, фенольные соединения, такие как танины и галловая кислота, известны своими мощными антиоксидантными свойствами, которые помогают нейтрализовать свободные радикалы, снижая воспаление в суставах и препятствуя разрушению клеток [4].

Полисахариды (например, глюкозамин и хондроитин), которые содержатся в некоторых растениях, таких как Melissa, активно участвуют в синтезе хрящевой ткани и её восстановлении, оказывая прямое хондропротекторное воздействие [5].

Витамины группы С и Е, которые можно найти в цитрусовых, ягодах, а также в листьях некоторых растений, играют ключевую роль в поддержании нормального состояния соединительных тканей, благодаря своим антиоксидантным и иммуномодулирующим свойствам [6].

Примером растительных компонентов, используемых в составе функциональных безалкогольных напитков с направленным действием, являются растительные источники, богатые антоцианами, полифенолами и изофлавонами. В частности, вишня (*Prunus cerasus*), базилик (*Ocimum basilicum*), соя (*Glycine max*) и стевия (*Stevia rebaudiana*) содержат биологически активные соединения, обладающие выраженными антиоксидантными и противовоспалительными свойствами. Указанные фитокомпоненты способны снижать уровень воспалительных медиаторов и оксидативного стресса, что способствует замедлению дегенеративных изменений суставной ткани и улучшению ее функционального состояния [7, 8].

Данный тренд на использование растительных ингредиентов активно поддерживается научными исследованиями, подтверждающими их эффективность и безопасность. Установлено, что такие растительные источники, как вишня (*Prunus cerasus*), базилик (*Ocimum basilicum*), соя (*Glycine max*) и стевия (*Stevia rebaudiana*), содержат антоцианы, флавоноиды, фенольные соединения, изофлавоны и стевииолгликозиды, обладающие выраженным антиоксидантным и противовоспалительным действием. Эти соединения способны снижать уровень воспалительных медиаторов и оказывать опосредованное защитное действие на суставную ткань [9, 10].

Функциональные напитки на основе растительного сырья. Функциональные напитки представляют собой одну из наиболее динамично развивающихся категорий пищевых продуктов, сочетающих свойства традиционных напитков и функционального ингредиентного состава, направленного на профилактику и поддержание здоровья. Удобство употребления, высокая биодоступность активных компонентов, а также разнообразие форм и вкусовых характеристик обуславливают их высокую потребительскую привлекательность среди различных возрастных групп [11].

Растительное сырьё, применяемое в производстве таких напитков, может включать в себя широкий спектр компонентов: лекарственные травы, пряности, ягоды, плоды, злаки, дикорастущие растения, листья, корни, цветки и даже грибы. Использование растительных ингредиентов обусловлено их богатым фитохимическим составом: они содержат полифенолы, флавоноиды, антоцианы, органические кислоты, витамины, минералы, пищевые волокна и эфирные масла [12].

Базилик (*Ocimum basilicum*) является перспективным растительным компонентом, широко изучаемым в контексте функционального питания благодаря выраженной антиоксидантной и противовоспалительной активности. Основные биологически активные вещества базилика - фенольные соединения, флавоноиды и эфирные масла - способны подавлять активность провоспалительных медиаторов, снижать уровень оксидативного стресса и оказывать защитное действие на соединительную ткань, что имеет значение для профилактики дегенеративных изменений суставов [13].

Соя (*Glycine max*) является важным источником изофлавонов (генистеин, даидзеин), обладающих выраженной противовоспалительной и антиоксидантной активностью. Данные биологически активные соединения способны модулировать воспалительные сигнальные пути, снижать уровень провоспалительных цитокинов и оказывать защитное влияние на ткани опорно-двигательного аппарата. В научной литературе представлены клинические и экспериментальные исследования, подтверждающие потенциальную эффективность соевых изофлавонов в снижении болевого синдрома и воспалительных проявлений при дегенеративных заболеваниях суставов, при этом их применение характеризуется благоприятным профилем безопасности по сравнению с нестероидными противовоспалительными средствами [14].

Ранее проведенные исследования свидетельствуют о том, что многие ягодные культуры характеризуются высоким антиоксидантным потенциалом, обусловленным содержанием антоцианов, фенольных соединений и витамина С. Вместе с тем, вишня выделяется среди других ягод более сбалансированным составом биологически активных веществ и стабильным накоплением антоцианов, что определяет её выраженную антиоксидантную активность. Указанные особенности обосновывают выбор вишни в качестве приоритетного растительного сырья для разработки функциональных безалкогольных напитков профилактической направленности [15].

Особое внимание в научных исследованиях уделяется вишне (*Prunus cerasus*) как источнику антоцианов и других фенольных соединений, обладающих выраженной противовоспалительной и урикозурической активностью. В крупном проспективном исследовании, проведенном Yuqing Zhang и соавторами, было показано, что регулярное потребление вишни или экстрактов на ее основе ассоциируется со статистически значимым снижением риска повторных приступов подагры. Установлено, что включение вишни в рацион способствует снижению уровня мочевой кислоты в сыворотке крови и уменьшению активности воспалительных маркеров, что рассматривается как важный механизм профилактики воспалительных заболеваний суставов [16].

Современные тенденции включают использование растительных аналогов традиционных нутрицевтиков, таких как глюкозамин и хондроитин. Обычно они получают из животных источников, однако в ответ на рост спроса на веганские продукты ведутся активные исследования по их выделению из грибов, водорослей и зерновых культур. Такие формы лучше воспринимаются потребителями, склонными к здоровому образу жизни и этически ориентированному потреблению [17].

Растительное сырьё, кроме хондропротекторов, может обеспечивать

дополнительные преимущества. Например, добавление адаптогенов - женьшеня, элеутерококка, родиолы розовой - способствует укреплению иммунитета и снижению общего воспалительного фона. Экстракты грибов рейши, шиитаке и чаги обогащают напитки бета-глюканами и полисахаридами, способствующими восстановлению тканей и защите от оксидативного стресса [18].

Разработка функциональных напитков требует учета технологических особенностей: температурная устойчивость экстрактов, их растворимость, взаимодействие с другими компонентами, стабильность при хранении. Технологии микрокапсулирования, коацервации и инкапсулирования с помощью циклодекстринов применяются для защиты термолабильных и легкоокисляющихся веществ, таких как эфирные масла, полифенолы и жирорастворимые витамины [19]. Особый интерес представляют напитки на ферментированной основе – квасы, комбуча, растительные кефиры и йогурты. Ферментация повышает биодоступность питательных веществ, снижает уровень антигенов, способствует обогащению напитка пробиотиками, которые, по последним данным, также влияют на воспалительные процессы, включая воспаления суставов [20].

И, наконец, важным направлением является разработка комплексных рецептов, включающих одновременно антиоксиданты, витамины (особенно D и C), минералы (кальций, магний, цинк), а также пребиотики и пробиотики. Такие напитки оказывают мультифакторное действие, укрепляя иммунную и опорно-двигательную системы, способствуют регенерации тканей и тормозят дегенеративные процессы [21].

Технологические аспекты производства. Процесс создания функциональных напитков с использованием растительного сырья требует комплексного подхода, включающего как выбор сырья, так и подбор методов его обработки и стабилизации биологически активных веществ. На всех этапах производства необходимо учитывать сохранение физиологической активности компонентов, их взаимодействие между собой, а также органолептические и микробиологические характеристики готового продукта [22]. Одной из главных задач является выбор формы введения растительного сырья: это могут быть водные или спиртовые экстракты, порошки, концентраты, соки, отвары, настои или микрокапсулированные формы. Каждый из этих видов требует индивидуального подхода к технологическим условиям переработки и дозировке в рецептуре [23].

Стабильность биологически активных веществ зависит от множества факторов: температуры, pH среды, кислорода, света и ферментативной активности. Современные производители все чаще применяют щадящие технологии - ультрафильтрацию, холодную пастеризацию, УФ-облучение и ультразвуковую обработку, что позволяет сохранить антиоксидантную и противовоспалительную активность растительных ингредиентов [24]. Для увеличения стабильности и биодоступности компонентов используются технологии инкапсулирования. Микрокапсулирование позволяет защитить чувствительные вещества от воздействия внешней среды, продлить срок хранения и обеспечить контролируемое высвобождение в организме. Наиболее часто применяются матрицы на основе альгинатов, пектинов, мальтодекстрина и циклодекстринов [25].

Особое внимание следует уделять гомогенизации напитков, особенно при использовании экстрактов с высоким содержанием эфирных масел или липофильных веществ. Гомогенизация обеспечивает равномерное распределение компонентов, препятствует расслоению и осаждению. В ряде случаев дополнительно используются эмульгаторы природного происхождения - например, лецитины или камедь акации [26].

Органолептические свойства напитка напрямую влияют на его потребительское восприятие. Некоторые растительные экстракты обладают горьким, терпким или вяжущим вкусом, что требует применения вкусовых корректоров. Как правило, используются натуральные ароматизаторы, фруктовые соки, кислоты (лимонная,

яблочная), натуральные подсластители (стевия, эритритол, инулин). Подбор вкусо-ароматических композиций осуществляется с учётом специфики основного биокомпонента и целевой аудитории потребителей [27].

Технологический процесс также включает разработку рецептур с учетом возможных взаимодействий компонентов. Некоторые фитохимические вещества могут снижать активность друг друга или вступать в реакции, ухудшающие органолептические и физико-химические характеристики продукта. В этом случае важно проведение предварительных тестов совместимости и изучение кинетики разложения веществ в моделируемых условиях хранения [28].

Стабильность готовых напитков обеспечивается применением натуральных консервантов и антиоксидантов. Среди них - экстракты розмарина, токоферолы, аскорбиновая кислота, яблочная кислота. Также применяются технологии снижения активности воды (водно-спиртовые системы, добавление глицерина, плотных сиропов), что снижает микробиологические риски и продлевает срок годности без использования синтетических добавок [29]. Для повышения функциональности нередко применяются ферментированные ингредиенты - например, растительные экстракты, прошедшие молочнокислую ферментацию. Технологии ферментации требуют точного контроля температуры, pH и длительности процесса, а также стерильности среды [30].

Растительное сырьё может содержать антинутриенты - фитаты, оксалаты, танины, которые препятствуют усвоению микроэлементов. Для их устранения применяются технологические приёмы: ферментация, проращивание, термическая обработка. Эти процессы позволяют улучшить питательную ценность напитка без снижения уровня активных компонентов [31].

Производственный цикл должен соответствовать принципам НАССР и стандартам GMP. Контроль качества охватывает весь путь продукта: от приемки сырья до анализа готового напитка по микробиологическим, органолептическим и физико-химическим показателям [32]. В последние годы наблюдается внедрение цифровых технологий в процессы проектирования и контроля технологических параметров. Применение интеллектуальных систем, сенсоров качества и автоматизированных линий позволяет сократить потери биологически активных веществ и повысить стабильность рецептур. Такие инновации особенно актуальны при работе с чувствительными компонентами, включая полифенолы, флавоноиды и ферментативно активные соединения [33]. Упаковка играет не менее важную роль в сохранении качества. Предпочтение отдается светонепроницаемым материалам с барьерными свойствами, препятствующими проникновению кислорода, влаги и УФ-излучения. Наиболее распространены ПЭТ-флаконы с добавлением УФ-фильтров, стеклянные бутылки и ламинированные пакеты TetraPak с внутренним слоем из алюминия [34].

Перспективы и направления исследований. На современном этапе особый интерес вызывают перспективные направления, связанные с использованием нетрадиционного растительного сырья, ранее не применявшегося в производстве напитков. Исследователи изучают потенциал таких источников, как дикорастущие растения, морские водоросли, грибные и микроводорослевые биомассы, отличающиеся высоким содержанием уникальных биологически активных веществ [35].

Одной из ключевых тенденций является направленное моделирование состава напитков с учётом потребностей конкретных групп населения - пожилых людей, спортсменов, людей с хроническими воспалительными заболеваниями. В рамках такого подхода особое внимание уделяется разработке напитков с выраженным хондропротекторным действием, включающих куркумин, ресвератрол, экстракты бамбука, хвоща, крапивы, богатые кремнием, и другие ингредиенты, способствующие синтезу коллагена и восстановлению хрящевой ткани [36].

Развивается область биоинформатики и системной нутригеномики, позволяющих прогнозировать эффективность биокomпонентов на уровне генетических и метаболических взаимодействий. Это направление открывает новые возможности для персонализированного питания: создаются напитки, адаптированные под индивидуальные потребности организма в зависимости от возраста, пола, образа жизни и генетических факторов [37].

Перспективным остается изучение синергетического эффекта между компонентами растительного происхождения и пробиотиками. Установлено, что некоторые растительные экстракты (например, имбирь, куркума, зеленый чай) усиливают пролиферацию полезной микрофлоры, тем самым опосредованно влияя на воспалительные процессы и состояние суставной ткани [38].

Продолжается поиск новых технологий обработки сырья с минимальной потерей активных веществ. Ведутся исследования по применению холодной экстракции, сверхкритической CO₂-экстракции, ферментативной активации, ферментации с использованием симбиотических культур, а также вакуумной сушки [39].

Интерес представляют перспективы применения нанотехнологий в производстве функциональных напитков. Создаются липосомальные формы биокomпонентов, наноэмульсии, наночастицы, инкапсулирующие активные вещества. Это повышает стабильность ингредиентов, облегчает их транспорт в клетки и обеспечивает целенаправленное высвобождение в организме [40]. Особого внимания заслуживает разработка безалкогольных напитков с адаптогенным эффектом, сочетающих антистрессовое, противовоспалительное и восстанавливающее действие. Такие напитки могут включать экстракты родиолы розовой, элеутерококка, женьшеня, ашваганды и шлемника байкальского, дополняемые источниками витаминов группы В и магния [41].

Инновационным направлением становится создание функциональных напитков с использованием метаболитов микроводорослей, таких как спирулина, хлорелла, дуналиелла. Эти организмы содержат фитоактивные вещества, включая каротиноиды, фенолы, полисахариды и белки, способствующие защите суставного хряща и уменьшению оксидативного стресса [42]. Современные научные подходы к разработке функциональных напитков предполагают участие мультидисциплинарных команд: технологов, медиков, нутрициологов, фармакологов и биохимиков. Такой подход позволяет проводить комплексную оценку безопасности, эффективности и стабильности новых рецептур, а также разрабатывать научно обоснованные рекомендации по их применению в диетотерапии [43].

Проблемой остаётся недостаточная регламентация в области стандартизации функциональных напитков. Необходимо разработать единые методики оценки хондропротекторной активности, идентификации и количественного анализа ключевых компонентов, а также верифицированные методики оценки биодоступности и клинической эффективности напитков [44].

Исследователи также обращают внимание на экологические и экономические аспекты. Растёт интерес к использованию отходов пищевых производств как источника биологически активных веществ - кожура фруктов, выжимки, стебли растений. Это направление отвечает принципам устойчивого развития и позволяет удешевить производство функциональных напитков без потери их биологической ценности [45].

Дополнительным вектором исследований является изучение потребительских предпочтений и поведенческих факторов. Проводятся маркетинговые и социологические исследования с целью выявления ожиданий целевой аудитории, уровня доверия к функциональным продуктам и факторов, влияющих на регулярность потребления [46].

Заключение. Анализ современных исследований показывает, что растительное

сырье обладает значительным потенциалом в качестве источника биологически активных веществ для создания функциональных безалкогольных напитков профилактической направленности при заболеваниях опорно-двигательного аппарата.

Особую актуальность приобретает разработка напитков, способствующих защите и восстановлению суставной ткани у лиц, подверженных риску остеоартрита и других дегенеративных нарушений. Использование растительных компонентов, богатых антоцианами, изофлавонами и фенольными соединениями (вишня, соя, базилик, стевия), позволяет формировать продукты, способные оказывать антиоксидантное и противовоспалительное действие, снижать уровень воспалительных маркеров и мочевой кислоты, а также уменьшать функциональные проявления нарушений опорно-двигательного аппарата. Несмотря на высокий интерес к функциональным напиткам, остаются нерешенными вопросы стандартизации состава, доказательной оценки эффективности и безопасности, а также нормативного регулирования в области функционального питания. Внедрение инновационных технологических решений, включая щадящие методы обработки и стабилизации биологически активных веществ, а также мультидисциплинарный подход к разработке рецептур, позволит повысить эффективность функциональных напитков и их вклад в профилактику хронических заболеваний. Разработка безалкогольных напитков с применением нетрадиционного растительного сырья представляет собой перспективное направление функционального питания, характеризующееся научной новизной, технологической актуальностью и социальной значимостью.

Литература:

- [1] **Cieza, A.**, Causey K., Kamenov K., Hanson S.W., Chatterji S., Vos T. Global estimates of the need for rehabilitation based on the Global Burden of Disease study 2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019 // *The Lancet*, 2020. – Vol. 396, № 10267. – P. 2006-2017.
- [2] **Пехтерева, Н.Т.**, Догаева Л.А. Функциональные безалкогольные напитки на основе растительного сырья: автореф. дис. канд. техн. наук. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2013. – 26 с.
- [3] **Никанкина, М.В.**, Ширяева О.Ю. Исследование биологически активных веществ в растительном сырье // Оренбургский государственный педагогический университет. – Оренбург, 2015. – С. 18-19.
- [4] **Боков, Д.О.**, Богачук М.Н., Малинкин А.Д., Назарова В.А., Бессонов В.В. Оценка взаимодействия полисахаридов и минорных биологически активных веществ в функциональных пищевых ингредиентах растительного происхождения // *Вопросы питания*, 2023. – Т. 92, № 1. – С. 108-115.
- [5] **Henrotin, Y.**, Mobasheri A., Marty M. Is there any scientific evidence for the use of nutraceuticals in the management of osteoarthritis? // *Current Rheumatology Reports*, 2017. – Vol. 19. – Art. 8.
- [6] **Zhang, Y.**, Xu L., Nevitt M.C. et al. Lower serum levels of vitamin C and E are associated with increased risk of knee osteoarthritis // *Osteoarthritis and Cartilage*, 2016. – Vol. 24, № 3. – P. 505-512.
- [7] **Cory, H.**, Passarelli S., Szeto J., Tamez M., Mattei J. The role of polyphenols in human health and food systems: a mini-review // *Frontiers in Nutrition*, 2018. – Vol. 5. – Art. 87.
- [8] **Del Pilar, Sánchez-Maldonado M.**, López-Meza J.E., González-Aguilar G.A. Phenolic compounds and bioaccessibility in functional beverages // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. – 2018. – Vol. 58, № 18. – P. 3075-3087.
- [9] **Bell, P.G.**, Gaze D.C., Davison G.W. Montmorency tart cherry (*Prunus cerasus* L.) concentrate lowers uric acid, C-reactive protein and monocyte chemoattractant protein-1 // *Journal of Functional Foods*, 2014. – Vol. 11. – P. 82-90.

- [10] **Krishnaiah, D.**, Sarbatly R., Nithyanandam R. A review of the antioxidant potential of medicinal plant species // *Food and Bioproducts Processing*, 2011. – Vol. 89, № 3. – P. 217-233.
- [11] **Granato, D.**, Branco G.F., Cruz A.G., Faria J.A.F., Shah N.P. Functional foods and nondairy probiotic food development: trends, concepts, and products // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2010. – Vol. 9, № 3. – P. 292-302.
- [12] **Shahidi, F.**, Ambigaipalan P. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: antioxidant activity and health effects // *Journal of Functional Foods*, 2015. – Vol. 18. – P. 820-897.
- [13] **Кароматов, И.Д.**, Пулатов С.С. Лечебные свойства базилика // *Биология и интегративная медицина*, 2016. – С. 142-154.
- [14] **Барабой, В.А.** Изофлавоны сои: биологическая активность и применение // *Биотехнология*, 2009. – Т. 2, № 3. – С. 44-54.
- [15] **Макаркина, М.А.**, Ветрова О.А., Гуляева А.А., Рахметова Т.П. Результаты исследования компонентов антиоксидантной активности в плодах вишни биоресурсной коллекции ВНИИСПК // *Химия растительного сырья*, 2025. – № 1. – С. 215-226.
- [16] **Zhang, Y.**, Neogi T., Chen C. et al. Cherry consumption and decreased risk of recurrent gout attacks // *Arthritis Rheum*, 2012. – Vol. 64, № 12. – P. 4004-4011.
- [17] **Xu, J.** Plant-Based Chondroitin Sulfate from *Laminaria japonica* as a Future Direction in Nutritional Interventions for Joint Repair with Improved Safety, Bioavailability and Clinical Tolerance // *Zenodo*. - 2025.
- [18] **Salehi, B.**, Sharifi-Rad J., Quispe C. et al. Adaptogenic plants: a review of their phytochemistry, pharmacology, and clinical evidence // *Phytotherapy Research*, 2019. – Vol. 33, № 9. – P. 2291-2312.
- [19] **Nedović, V.**, Kalusevic A., Manojlović V., Lević S., Bugarski B. An overview of encapsulation technologies for food applications // *Procedia Food Science*, 2011. – Vol. 1. – P. 1806-1815.
- [20] **Sánchez, M.**, Darimont C., Drapeau V. et al. Effect of *Lactobacillus rhamnosus* GG supplementation on inflammatory biomarkers in patients with knee osteoarthritis // *Nutrition*, 2018. – Vol. 45. – P. 65-71.
- [21] **Marco, M.L.**, Heeney D., Binda S. et al. Health benefits of fermented foods: microbiota and beyond // *Current Opinion in Biotechnology*, 2017. – Vol. 44. – P. 94-102.
- [22] **Borges, G.**, Degner S., Crozier A., Godwin I. The antioxidant and anti-inflammatory effects of functional beverages and their components // *Food & Function*. – 2016. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26734739/>
- [23] Food and Agriculture Organization of the United Nations. Guide to the formulation of functional foods. - Rome: **FAO**, 2013. URL: [<https://www.fao.org/3/i2474e/i2474e.pdf>].
- [24] Food and Agriculture Organization of the United Nations. Non-thermal technologies for food preservation. - Rome: **FAO**, 2016. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fao.org/3/i5565e/i5565e.pdf>.
- [25] **Finocchiaro, G.**, Aloisio A., Baccaro S. et al. Encapsulation, protection, and delivery of bioactive compounds in foods // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2018. URL: <https://www.researchgate.net>
- [26] **McClements, D.J.**, Gumus C.E. Natural emulsifiers - biosurfactants, phospholipids, biopolymers, and colloidal particles: molecular and physicochemical basis of functional performance // *Advances in Colloid and Interface Science*, 2016. URL: [<https://www.researchgate.net>]
- [27] **Ley, J.P.**, Dessoy M., Paetz S. Masking bitter taste by food ingredients: mechanisms and applications // *Foods*, 2016. – Vol. 5, № 3. – Art. 45.
- [28] **Gutiérrez-Grijalva, E.P.**, Ambriz-Pérez D.L., Leyva-López N., Castillo-López R.I., Heredia J.B. Bioavailability of dietary phenolic compounds: importance of food processing and interactions with other components // *Foods*, 2016. – Vol. 5, № 4. – Art. 81.
- [29] **Rocchetti, G.**, Lucini L., Giuberti G. Untargeted metabolomics approach to investigate the impact of food processing on plant secondary metabolites // *Food Chemistry*, 2021. – Vol. 335. – Art. 127662.
- [30] **Filannino, P.**, Di Cagno R., Gobbetti M. Metabolic and functional paths of lactic acid bacteria in plant foods: get out of the labyrinth // *Foods*, 2018. – Vol. 7, № 4. – Art. 64.

- [31] **Chatterjee, P.**, Bhattacharyya M., Guha A., Chakraborti S. Processing effects on antinutrients, allergenicity and antioxidant activity of foods: an overview // *Journal of Food Science and Technology*, 2018. – Vol. 55, № 11. – P. 4233-4245.
- [32] **Codex, Alimentarius Commission.** General Principles of Food Hygiene CXC 1-1969 (Rev. 2020), Annex on Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) System. – Rome: FAO/WHO, 2020. [Электронный ресурс]. URL: [<https://www.fao.org/3/cc8791en/CC8791EN.pdf>].
- [33] **Zhang, J.**, Huang X., Zhang C., Sun J. Smart sensing and digital technologies in food processing and quality control // *Foods*, 2021. – Vol. 10, № 8. – Art. 1842.
- [34] **Marsh, K.**, Bugusu B. Food packaging – roles, materials, and environmental issues // *Foods*, 2016. – Vol. 5, № 2. – Art. 38.
- [35] **Lafarga, T.**, Acién-Fernández F.G., Garcia-Vaquero M. Bioactive peptides and compounds from microalgae and seaweeds for food applications // *Foods*, 2020. – Vol. 9, № 3. – Art. 316.
- [36] **Rondanelli, M.**, Faliva M.A., Miccono A. et al. Food supplements for osteoarthritis: a review of their efficacy and safety // *Nutrients*, 2018. – Vol. 10, № 2. – Art. 178.
- [37] **Celis-Morales, C.**, Marsaux C.F.M., Livingstone K.M. et al. Can genetic-based advice help you lose weight? Findings from the Food4Me European randomized controlled trial // *Nutrients*, 2017. – Vol. 9, № 8. – Art. 823.
- [38] **Ozdal, T.**, Sela D.A., Xiao J., Boyacioglu D., Chen F., Capanoglu E. The reciprocal interactions between polyphenols and gut microbiota and effects on bioaccessibility // *Nutrients*, 2016. – Vol. 8, № 2. – Art. 78.
- [39] **Chemat, F.**, Rombaut N., Sicaire A.G., Meullemiestre A., Fabiano-Tixier A.S., Abert-Vian M. Ultrasound assisted extraction of food and natural products: mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications // *Ultrasonics Sonochemistry*, 2017. – Vol. 34. – P. 540-560.
- [40] **McClements, D.J.** Nanotechnology approaches for improving bioavailability and bioactivity of nutraceuticals // *Advances in Nutrition*, 2018. – Vol. 9, № 1. – P. 1-14.
- [41] **Panosian, A.**, Brendler T. The role of adaptogens in prophylaxis and treatment of chronic stress-related and aging-associated disorders // *Medicines*, 2020. – Vol. 7, № 2. – Art. 16.
- [42] **Haida, Z.**, Hakimian M. A comprehensive review on the determination of enzymatic and nonenzymatic antioxidant activities // *Food Science & Nutrition*, 2019. – Vol. 7. – P. 1555-1563.
- [43] **Martirosyan, D.M.**, Singh J. A new definition of functional food by FFC: what makes a food functional? // *Functional Foods in Health and Disease*, 2015. – Vol. 5, № 6. – P. 209-223.
- [44] **Marino, M.**, Innocente N., Maifreni M. Functional foods and health claims: regulatory framework and scientific evidence // *Foods*, 2017. – Vol. 6, № 12. – Art. 106.
- [45] **Galanakis, C.M.** Recovery of high added-value components from food wastes: conventional, emerging technologies and commercialized applications // *Trends in Food Science & Technology*, 2015. – Vol. 26. – P. 68-87.
- [46] **Siegrist, M.**, Hartmann C. Consumer acceptance of novel food technologies // *Nature Food*, 2020. – Vol. 1. – P. 343-350.

References:

- [1] **Cieza, A.**, Causey K., Kamenov K., Hanson S.W., Chatterji S., Vos T. Global estimates of the need for rehabilitation based on the Global Burden of Disease study 2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019 // *The Lancet*, 2020. – Vol. 396, № 10267. – P. 2006-2017.
- [2] **Pehтерева, N.T.**, Dogaeva L.A. Funkcional'nye bezalkogol'nye napitki na osnove rastitel'nogo syr'ja: avtoref. dis. kand. tehn. nauk. – Orenburg: Orenburgskij gosudarstvennyj universitet, 2013. – 26 s. [in Russian]
- [3] **Nikankina, M.V.**, Shirjaeva O.Ju. Issledovanie biologicheski aktivnyh veshhestv v rastitel'nom syr'e // Orenburgskij gosudarstvennyj pedagogicheskij universitet. – Orenburg, 2015. – S. 18-19. [in Russian]
- [4] **Bokov, D.O.**, Bogachuk M.N., Malinkin A.D., Nazarova V.A., Bessonov V.V. Ocenka

vzaimodejstvija polisaharidov i minornyh biologicheski aktivnyh veshhestv v funkcio-nal'nyh pishhevyh ingredientah rastitel'nogo proishozhdenija // Voprosy pitaniya, 2023. – T. 92, № 1. – S. 108-115. [in Russian]

[5] **Henrotin, Y.**, Mobasheri A., Marty M. Is there any scientific evidence for the use of nutraceuticals in the management of osteoarthritis? // *Current Rheumatology Reports*, 2017. – Vol. 19. – Art. 8.

[6] **Zhang, Y.**, Xu L., Nevitt M.C. et al. Lower serum levels of vitamin C and E are associated with increased risk of knee osteoarthritis // *Osteoarthritis and Cartilage*, 2016. – Vol. 24, № 3. – P. 505-512.

[7] **Cory, H.**, Passarelli S., Szeto J., Tamez M., Mattei J. The role of polyphenols in human health and food systems: a mini-review // *Frontiers in Nutrition*, 2018. – Vol. 5. – Art. 87.

[8] **Del Pilar, Sánchez-Maldonado M.**, López-Meza J.E., González-Aguilar G.A. Phenolic compounds and bioaccessibility in functional beverages // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. – 2018. – Vol. 58, № 18. – P. 3075-3087.

[9] **Bell, P.G.**, Gaze D.C., Davison G.W. Montmorency tart cherry (*Prunus cerasus* L.) concentrate lowers uric acid, C-reactive protein and monocyte chemoattractant protein-1 // *Journal of Functional Foods*, 2014. – Vol. 11. – P. 82-90.

[10] **Krishnaiah, D.**, Sarbatly R., Nithyanandam R. A review of the antioxidant potential of medicinal plant species // *Food and Bioprocess Technology*, 2011. – Vol. 4, № 3. – P. 217-233.

[11] **Granato, D.**, Branco G.F., Cruz A.G., Faria J.A.F., Shah N.P. Functional foods and nondairy probiotic food development: trends, concepts, and products // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2010. – Vol. 9, № 3. – P. 292-302.

[12] **Shahidi, F.**, Ambigaipalan P. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: antioxidant activity and health effects // *Journal of Functional Foods*, 2015. – Vol. 18. – P. 820-897.

[13] **Karomatov, I.D.**, Pulatov S.S. Lechebnye svojstva bazilika // *Biologiya i integrativnaya medicina*, 2016. – S. 142-154. [in Russian]

[14] **Baraboj, V.A.** Izoflavony soi: biologicheskaja aktivnost' i primenenie // *Biotehnologiya*, 2009. – T. 2, № 3. – S. 44-54. [in Russian]

[15] **Makarkina, M.A.**, Vetrova O.A., Guljaeva A.A., Rahmetova T.P. Rezul'taty issledovaniya komponentov antioksidantnoj aktivnosti v plodah vishni bioresursnoj kollekcii VNIISPK // *Himija rastitel'nogo syr'ja*, 2025. – № 1. – S. 215-226. [in Russian]

[16] **Zhang, Y.**, Neogi T., Chen C. et al. Cherry consumption and decreased risk of recurrent gout attacks // *Arthritis Rheum*, 2012. – Vol. 64, № 12. – P. 4004-4011.

[17] **Xu, J.** Plant-Based Chondroitin Sulfate from *Laminaria japonica* as a Future Direction in Nutritional Interventions for Joint Repair with Improved Safety, Bioavailability and Clinical Tolerance // *Zenodo*. - 2025.

[18] **Salehi, B.**, Sharifi-Rad J., Quispe C. et al. Adaptogenic plants: a review of their phytochemistry, pharmacology, and clinical evidence // *Phytotherapy Research*, 2019. – Vol. 33, № 9. – P. 2291-2312.

[19] **Nedović, V.**, Kalusevic A., Manojlović V., Lević S., Bugarski B. An overview of encapsulation technologies for food applications // *Procedia Food Science*, 2011. – Vol. 1. – P. 1806-1815.

[20] **Sánchez, M.**, Darimont C., Drapeau V. et al. Effect of *Lactobacillus rhamnosus* GG supplementation on inflammatory biomarkers in patients with knee osteoarthritis // *Nutrition*, 2018. – Vol. 45. – P. 65-71.

[21] **Marco, M.L.**, Heeney D., Binda S. et al. Health benefits of fermented foods: microbiota and beyond // *Current Opinion in Biotechnology*, 2017. – Vol. 44. – P. 94-102.

[22] **Borges, G.**, Degner S., Crozier A., Godwin I. The antioxidant and anti-inflammatory effects of functional beverages and their components // *Food & Function*. – 2016. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26734739/>

[23] Food and Agriculture Organization of the United Nations. Guide to the formulation of functional foods. - Rome: FAO, 2013. URL: [<https://www.fao.org/3/i2474e/i2474e.pdf>].

[24] Food and Agriculture Organization of the United Nations. Non-thermal technologies for food preservation. - Rome: FAO, 2016. [Elektronnyj resurs]. URL:

<https://www.fao.org/3/i5565e/i5565e.pdf>.

[25] **Finocchiaro, G.**, Aloisio A., Baccaro S. et al. Encapsulation, protection, and delivery of bioactive compounds in foods // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2018. URL: <https://www.researchgate.net>

[26] **McClements, D.J.**, Gumus C.E. Natural emulsifiers - biosurfactants, phospholipids, biopolymers, and colloidal particles: molecular and physicochemical basis of functional performance // *Advances in Colloid and Interface Science*, 2016. URL: [<https://www.researchgate.net>]

[27] **Ley, J.P.**, Dessoy M., Paetz S. Masking bitter taste by food ingredients: mechanisms and applications // *Foods*, 2016. – Vol. 5, № 3. – Art. 45.

[28] **Gutiérrez-Grijalva, E.P.**, Ambriz-Pérez D.L., Leyva-López N., Castillo-López R.I., Heredia J.B. Bioavailability of dietary phenolic compounds: importance of food processing and interactions with other components // *Foods*, 2016. – Vol. 5, № 4. – Art. 81.

[29] **Rocchetti, G.**, Lucini L., Giuberti G. Untargeted metabolomics approach to investigate the impact of food processing on plant secondary metabolites // *Food Chemistry*, 2021. – Vol. 335. – Art. 127662.

[30] **Filannino, P.**, Di Cagno R., Gobetti M. Metabolic and functional paths of lactic acid bacteria in plant foods: get out of the labyrinth // *Foods*, 2018. – Vol. 7, № 4. – Art. 64.

[31] **Chatterjee, P.**, Bhattacharyya M., Guha A., Chakraborti S. Processing effects on antinutrients, allergenicity and antioxidant activity of foods: an overview // *Journal of Food Science and Technology*, 2018. – Vol. 55, № 11. – P. 4233-4245.

[32] **Codex, Alimentarius Commission**. General Principles of Food Hygiene CXC 1-1969 (Rev. 2020), Annex on Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) System. – Rome: FAO/WHO, 2020. [Elektronnyj resurs]. URL: [<https://www.fao.org/3/cc8791en/CC8791EN.pdf>].

[33] **Zhang, J.**, Huang X., Zhang C., Sun J. Smart sensing and digital technologies in food processing and quality control // *Foods*, 2021. – Vol. 10, № 8. – Art. 1842.

[34] **Marsh, K.**, Bugusu B. Food packaging – roles, materials, and environmental issues // *Foods*, 2016. – Vol. 5, № 2. – Art. 38.

[35] **Lafarga, T.**, Acién-Fernández F.G., Garcia-Vaquero M. Bioactive peptides and compounds from microalgae and seaweeds for food applications // *Foods*, 2020. – Vol. 9, № 3. – Art. 316.

[36] **Rondanelli, M.**, Faliva M.A., Miccono A. et al. Food supplements for osteoarthritis: a review of their efficacy and safety // *Nutrients*, 2018. – Vol. 10, № 2. – Art. 178.

[37] **Celis-Morales, C.**, Marsaux C.F.M., Livingstone K.M. et al. Can genetic-based advice help you lose weight? Findings from the Food4Me European randomized controlled trial // *Nutrients*, 2017. – Vol. 9, № 8. – Art. 823.

[38] **Ozdal, T.**, Sela D.A., Xiao J., Boyacioglu D., Chen F., Capanoglu E. The reciprocal interactions between polyphenols and gut microbiota and effects on bioaccessibility // *Nutrients*, 2016. – Vol. 8, № 2. – Art. 78.

[39] **Chemat, F.**, Rombaut N., Sicaire A.G., Meullemiestre A., Fabiano-Tixier A.S., Abert-Vian M. Ultrasound assisted extraction of food and natural products: mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications // *Ultrasonics Sonochemistry*, 2017. – Vol. 34. – P. 540-560.

[40] **McClements, D.J.** Nanotechnology approaches for improving bioavailability and bioactivity of nutraceuticals // *Advances in Nutrition*, 2018. – Vol. 9, № 1. – P. 1-14.

[41] **Panossian, A.**, Brendler T. The role of adaptogens in prophylaxis and treatment of chronic stress-related and aging-associated disorders // *Medicines*, 2020. – Vol. 7, № 2. – Art. 16.

[42] **Haida, Z.**, Hakiman M. A comprehensive review on the determination of enzymatic and nonenzymatic antioxidant activities // *Food Science & Nutrition*, 2019. – Vol. 7. – P. 1555-1563.

[43] **Martirosyan, D.M.**, Singh J. A new definition of functional food by FFC: what makes a food functional? // *Functional Foods in Health and Disease*, 2015. – Vol. 5, № 6. – P. 209-223.

[44] **Marino, M.**, Innocente N., Maifreni M. Functional foods and health claims: regulatory framework and scientific evidence // *Foods*, 2017. – Vol. 6, № 12. – Art. 106.

[45] **Galanakis, C.M.** Recovery of high added-value components from food wastes: conventional, emerging technologies and commercialized applications // *Trends in Food Science & Technology*, 2015. – Vol. 26. – P. 68-87.

[46] **Siegrist, M.**, Hartmann C. Consumer acceptance of novel food technologies // *Nature*

ДӘСТҮРЛІ ЕМЕС ӨСІМДІК ШИКІЗАТТЫ ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ САЛҚЫНДЫ СУСЫНДАРДЫ ӘЗІРЛЕУДІҢ ҒЫЛЫМИ НЕГІЗДЕМЕСІ

Кизатова М.Ж.¹, техника ғылымдарының докторы

Таутаева А.Т.², 8D07201 – «Тағам өнімдерін өндіру технологиялары және инжиниринг» білім беру бағдарламасының 2-курс докторанты

¹*С.Д.Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медицина университеті, Алматы қ., Қазақстан*

²*Халықаралық инженерлік-технологиялық университет, Алматы қ., Қазақстан*

Андатпа. Тірек-қимыл аппараты ауруларының таралуының артуы жағдайында профилактикалық бағыттағы тағам өнімдерін әзірлеу ерекше маңызға ие. Функционалдық алкогольсіз сусындар биологиялық белсенді заттарды жеткізудің тиімді түрі ретінде қарастырылады, себебі олардың биожетімділігі жоғары, қолдануға ыңғайлы және құрамын мақсатты түрде қалыптастыру мүмкіндігі бар.

Жұмыстың мақсаты – буындардың дегенеративті және қабыну ауруларының алдын алу әлеуеті бар өсімдік шикізатына негізделген функционалдық сусындарды әзірлеудің заманауи ғылыми тәсілдерін талдау. Өсімдік ингредиенттерінің фитохимиялық ерекшеліктері, соның ішінде полифенолдар, флавоноидтар, антоциандар және полисахаридтер, сондай-ақ олардың дәнекер және шеміршек тіндерінің күйіне әсері қарастырылған. Базилик, соя, шие және стевия антиоксиданттық және қабынуға қарсы қасиеттері бар қосылыстардың көздері ретінде ерекше атап өтілген.

Зерттеу әдіснамасы халықаралық деректер базаларындағы ғылыми жарияланымдарды жүйелі және салыстырмалы талдау негізінде жүргізілді, бұл сусындарды көп компонентті жүйелер ретінде қарастыруға мүмкіндік берді. Нәтижесінде биологиялық белсенді компоненттердің белсенділігін сақтау үшін жұмсақ өңдеу әдістерін, ферментацияны және инкапсуляцияны қолдану қажеттілігі көрсетілді. Сонымен қатар, дербестендірілген тамақтану және дәстүрлі емес өсімдік шикізатын пайдалану перспективалары анықталды.

Тірек сөздер: өсімдік материалдары, функционалды сусындар, буын аурулары, хондропротекторлар, фитокомпоненттер.

SCIENTIFIC SUBSTANTIATION FOR THE DEVELOPMENT OF NON-ALCOHOLIC BEVERAGES USING NON-TRADITIONAL PLANT RAW MATERIALS

Kizatova M. Zh., Doctor of technical sciences

Tautayeva A.T., 2nd-year PhD Student of the Educational Program 8D07201 – “Food Production Technologies and Engineering”

¹*Kazakh National Medical University named after S.D. Asfendiyarov, Almaty, Kazakhstan*

²*International Engineering Technological University, Almaty, Kazakhstan*

Annotation. In the context of the increasing prevalence of musculoskeletal disorders, the development of preventive food products is of particular importance. Functional non-alcoholic beverages are considered an effective means of delivering biologically active compounds due to their high bioavailability, ease of consumption, and the possibility of targeted formulation.

The aim of this study is to analyze modern scientific approaches to the development of

functional beverages based on plant raw materials with potential for preventing degenerative and inflammatory joint diseases. The phytochemical characteristics of plant ingredients, including polyphenols, flavonoids, anthocyanins, and polysaccharides, as well as their effects on connective and cartilage tissues, are discussed. Particular attention is given to basil, soy, cherry, and stevia as sources of compounds with antioxidant and anti-inflammatory properties.

The research methodology is based on the analysis of scientific publications from international databases using systematic and comparative approaches, which made it possible to consider beverages as multicomponent systems. The findings indicate that preserving the biological activity of components requires the use of modern technologies, including mild processing methods, fermentation, and encapsulation. Prospects for personalized nutrition and the use of non-traditional plant raw materials in the development of preventive beverages are also highlighted.

Keywords: plant materials, functional drinks, joint diseases, chondroprotectors, phytocomponents.

AGROBIOLOGICAL EVALUATION AND PRODUCTIVITY OF INTRODUCED GRAPE VARIETIES UNDER THE CONDITIONS OF SOUTHEASTERN KAZAKHSTAN

Aytenov A.A., master of agricultural sciences

asilbek_zero@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0008-3495-9611>

Tauirbayeva Zh.T., master of agricultural sciences

jadira.taurbaeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5472-5205>

Ongar A.N., BSc in Agricultural Sciences

aida.ongar02@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-8286-3453>

Kazybayeva S.Zh., Candidate in agriculture sciences, Associate Professor

kazybaeva.1967@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6833-0466>

Azhitayeva L.A.*, PhD

lako_1992@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8044-3404>

Kazakh Research Institute of Fruit and Vegetable Growing, Almaty city, Kazakhstan

Annotation. The article presents the results of an agrobiological evaluation of introduced grape varieties under the conditions of southeastern Kazakhstan (Talgar experimental farm, Almaty region) for 2024–2025. The aim of the study was to identify the most adapted and highly productive grape genotypes based on a comprehensive assessment of their growth, development, and yield.

The study included the following grape varieties: Early Kibrayskiy, Osobiy, Sochniy, Muscat Susanna, Bobo Zakir, and Hungarian Muscat (control). The research was conducted using standard methods of varietal testing within an ampelographic collection. Phenological stages, biometric parameters of annual shoot growth, and productivity indicators (cluster weight, number of clusters per vine, yield per vine, and total yield) were evaluated.

Bud break occurred in the second decade of April, flowering began in the third decade of May, and harvest maturity was reached in the first to second decades of August. Flowering lasted 13–15 days, and the growing season ranged from 116 to 124 days, corresponding to the biological characteristics of the crop and regional conditions.

The most intensive shoot growth was observed in the Early Kibrayskiy variety. The varieties Sochniy, Bobo Zakir, and Osobiy showed an optimal combination of shoot length and number. The highest yields were recorded for Sochniy (up to 100.2 c/ha), Bobo Zakir (88.1 c/ha), and Osobiy (84.7 c/ha), due to their large cluster size and favorable cluster number.

Based on the comprehensive evaluation, the varieties Sochniy, Bobo Zakir, and Osobiy demonstrated high adaptability and stable productivity and are recommended for commercial cultivation and breeding programs.

Keywords: grape, varietal testing, introduction, phenology, yield, adaptability, productivity

Introduction. Grapevine (*Vitis vinifera* L.) is one of the most valuable perennial crops in global agriculture and is highly sensitive to soil and climatic conditions, agronomic practices, and varietal characteristics. Under modern conditions, a key direction in viticulture development is the improvement of varietal composition through the introduction of new genotypes with high productivity, stress resistance, and stable product quality.

In regions with a sharply continental climate, such as southeastern Kazakhstan, particular importance is attached to varieties combining early maturity, high yield, proper ripening of annual shoots, and adaptability to abiotic stresses, including temperature fluctuations and water deficit [1–5]. Previous studies have shown that grape productivity

largely depends on how well the biological characteristics of a variety match the growing conditions [1,2,6,7].

In southern and southeastern Kazakhstan, improving the varietal assortment is essential due to the limited range of widely cultivated varieties and the need to identify genotypes capable of ensuring stable yields and high-quality production across diverse agroecological zones. Even under favorable conditions, productivity may be constrained by insufficient adaptability, low winter hardiness, poor disease resistance, and inadequate shoot maturation [6, 7].

The timing of phenological stages in grapevines is closely linked to temperature regime, moisture availability, and accumulated heat units. Rising temperatures during the spring–summer period accelerate bud break, flowering, and ripening; however, varietal responses differ significantly [3,4,8–12]. Therefore, phenological observations are essential for evaluating varietal adaptability under new environmental conditions.

Intervarietal differences in phenological timing are particularly important, as they determine resistance to late spring frosts, growing season duration, and yield quality. Under current climate change conditions, varietal selection is considered one of the most effective tools for adapting viticulture systems [5,9,10,13–15].

Modern research indicates that the economic value of a variety is determined not by individual traits but by their combined expression, including growing season length, cluster weight, cluster number per vine, yield level, and product quality [6,11,16–18]. Notably, early maturity does not always correlate with high productivity, which necessitates comprehensive agrobiological evaluation.

An important research direction is the study of annual shoot growth and maturation, as these factors determine winter hardiness, productivity, and vineyard longevity. In foothill and continental regions, these parameters are key indicators of varietal adaptability [2,6,22].

Previous studies in southern Kazakhstan have revealed significant intervarietal variability in yield, cluster weight, and quality traits, emphasizing the need for long-term evaluation of introduced genotypes under specific soil and climatic conditions [6,7,18, 23].

Thus, comprehensive agrobiological evaluation of introduced grape varieties is highly relevant for identifying genotypes with high adaptability and stable productivity in southeastern Kazakhstan.

The aim of this study was to evaluate introduced grape varieties and identify the most adapted and productive genotypes for the region.

Materials and methods. The study was conducted in the ampelographic collection of the Regional Branch “Talgar” of the Kazakh Research Institute of Fruit and Vegetable Growing, located in the Talgar district of the Almaty region (southeastern Kazakhstan).

The study area lies in the foothill zone of the Trans-Ili Alatau and is characterized by hilly terrain. Groundwater occurs at a depth exceeding 10–20 m and does not significantly affect vine growth. The soils are ordinary carbonate chernozems, medium-deep, with a heavy loamy texture. The humus horizon reaches 70–90 cm, with humus content ranging from 3.5 to 4.5%. Soil nutrient availability is moderate in phosphorus and high in potassium. Available phosphorus content is 3.0–3.5 mg/kg, potassium 550–600 mg/kg, and nitrate nitrogen 35–45 mg/kg [24]. The climate is moderately continental, with a high sum of active temperatures (over 3200 °C), long sunshine duration, and relatively low precipitation, creating favorable conditions for grape cultivation. The studied varieties included Early Kibrayskiy, Osobiy, Sochniy, Muscat Susanna, Bobo Zakir, and Hungarian Muscat (control). The results of two-year studies (2024–2025) are presented.

Vines were grown on their own roots under a covering system with irrigation. The planting scheme was 3.0 × 1.5 m. The vineyard was established in 2001. Agronomic practices followed regional recommendations [25]. Phenological observations included recording bud

break, flowering stages, and harvest maturity according to standard methods [26, 27]. Biometric parameters (shoot number, shoot length, total growth) were measured directly.

Yield was calculated based on cluster weight and number per vine, with conversion to c/ha [26]. Sugar content was determined according to GOST 27198–87, and titratable acidity according to GOST 32114–2013 [28, 29].

Meteorological data were obtained from the Talgar weather station. Statistical analysis was performed using ANOVA in Microsoft Excel. Differences were evaluated using the least significant difference ($LSD_{0.05}$) [30].

Results and discussion. Economic and biological indicators of the same variety may vary significantly from year to year and depend on the meteorological conditions of a particular year. Therefore, the analysis of the obtained data and conclusions regarding varietal characteristics should be conducted with consideration of the weather conditions specific to each year.

The study period was characterized by considerable fluctuations in weather conditions and variations in the duration of the growing seasons. An analysis of the timing of phenological phases of grapevines for 2024–2025 showed that, under the conditions of the Talgar experimental farm, a high level of stability in the onset of the main developmental stages was observed. Bud break in the studied varieties occurred between April 9 and April 17. The earliest dates were recorded for the Early Kibrayskiy and Sochniy varieties (on average, April 10), while the latest was observed in the Bobo Zakir variety (April 17). The onset of flowering ranged from May 21 to May 24. Early flowering was characteristic of the Early Kibrayskiy and Muscat Susanna varieties (May 22), whereas later flowering was observed in the Bobo Zakir variety (May 24). Mass flowering occurred from late May to early June (May 27 to June 3), and the end of flowering was observed in the first decade of June (June 4–10). The duration of flowering averaged 13–15 days (Table 1).

Table 1 – Timing of phenological phases of grapevines (Talgar experimental farm)

Variety	Years	Bud break	Beginning of flowering	Full bloom	End of flowering	Harvest maturity
Hungarian Muscat (st)	2024	14.04	25.05	02.06	09.06	12.08
	2025	15.04	26.05	03.06	10.06	13.08
	average	14.04	26.05	03.06	10.06	13.08
Early Kibrayskiy	2024	09.04	21.05	26.05	05.06	04.08
	2025	10.04	22.05	27.05	06.06	05.08
	average	10.04	22.05	27.05	06.06	05.08
Osobiy	2024	13.04	22.05	30.05	06.06	07.08
	2025	14.04	23.05	31.05	07.06	08.08
	average	14.04	23.05	31.05	07.06	08.08
Sochniy	2024	09.04	22.05	29.05	03.06	11.08
	2025	10.04	23.05	30.05	04.06	12.08
	average	10.04	23.05	30.05	04.06	12.08
Muscat Susanna	2024	14.04	21.05	01.06	05.06	12.08
	2025	15.04	22.05	02.06	06.06	13.08
	average	15.04	22.05	02.06	06.06	13.08
Bobo Zakir	2024	16.04	23.05	31.05	04.06	13.08
	2025	17.04	24.05	01.06	05.06	14.08
	average	17.04	24.05	01.06	05.06	14.08

Harvest maturity occurred between August 5 and August 14. The earliest ripening was observed in the Early Kibrayskiy variety (August 5), while the latest was recorded in the

Bobo Zakir variety (August 14). Thus, in southeastern Kazakhstan, the phenological phases of grapevines are characterized by stable timing across years, indicating favorable agroclimatic conditions. The earliest ripening varieties are Early Kibrayskiy and Sochniy, which makes them promising for early production. The Bobo Zakir and Muscat Susanna varieties are characterized by later phenological development, allowing their use to extend the production period. The observed differences in the timing of phenological phases are determined by the biological characteristics of the varieties and can be used in developing a varietal assortment for southeastern Kazakhstan. Analysis of the average timing of grapevine phenological phases for 2024–2025 showed that plant development under the conditions of the Talgar experimental farm is characterized by stability and low interannual variability.

On average, bud break in the studied varieties occurred between April 10 and April 16, with an overall range from April 9 to April 18. This indicates an early onset of the growing season under the conditions of southeastern Kazakhstan.

The onset of flowering ranged from May 22 to May 25, with fluctuations between May 21 and May 27, corresponding to favorable temperature conditions during the spring period. Mass flowering occurred from late May to early June (May 28 to June 2), with a variation range from May 26 to June 4 (Table 2)

Table 2 – Average timing of grapevine vegetation phases (2024–2025)

Development stage	Average date	Range of variation
Bud break	10–16april	09–18april
Beginning of flowering	22–25 may	21–27 may
Full bloom	28 may – 02 june	26 may – 04 june
End of flowering	04–08 june	03–11 june
Harvest maturity	05–14 august	04–15 august

The end of flowering occurred in the first decade of June (June 4–8), with slight variations in timing (June 3–11), indicating a stable flowering duration of 13–15 days.

Harvest maturity occurred between August 5 and August 14, with an overall range from August 4 to August 15, indicating that yield formation takes place under optimal agroclimatic conditions. Thus, under regional conditions, the progression of the main grapevine phenological phases is highly stable and corresponds to the biological characteristics of the crop, creating favorable conditions for consistent yields. An analysis of the duration of interphase periods in grapevines for 2024–2025 showed that the studied varieties differ in growth and development rates due to their biological characteristics. The period from bud break to the onset of flowering ranged from 38 to 43 days. The shortest duration was observed in the Muscat Susanna and Bobo Zakir varieties (38 days), indicating a more rapid transition to the generative phase. The longest duration was recorded in the Sochniy variety (43 days), reflecting a more prolonged vegetative growth period (Table 3).

Table 3 – Duration of interphase periods (2024–2025, average)

Variety	Bud break → flowering, days	Flowering duration, days	Growing season, days
Hungarian Muscat (st)	41	15	120
Early Kibrayskiy	42	15	117
Osobiy	40	15	116
Sochniy	43	13	124
Muscat Susanna	38	14	120
Bobo Zakir	38	13	119

The duration of flowering in most varieties was 13–15 days, which corresponds to the biological norm for grapevines under moderately continental climate conditions. A shorter flowering period was observed in the Sochniy and Bobo Zakir varieties (13 days), while in the other varieties it ranged from 14 to 15 days.

The total growing season (from bud break to harvest maturity) ranged from 116 to 124 days. The shortest duration was recorded in the Osobiy variety (116 days), characterizing it as early-ripening. The longest duration was observed in the Sochniy variety (124 days), indicating a prolonged period of yield formation. Thus, differences in the duration of interphase periods reflect the diversity of biological characteristics among grape varieties and make it possible to distinguish early-ripening (Osobiy, Early Kibrayskiy) and later-ripening (Sochniy) types, which is important for developing a varietal assortment suited to the conditions of southeastern Kazakhstan.

An analysis of yield and production-related indicators of grape varieties for 2024–2025 revealed significant differences among the studied genotypes. The average cluster weight ranged from 168 g in the Hungarian Muscat (control) variety to 330 g in the Sochniy variety. Large clusters were also observed in the Osobiy (303 g) and Bobo Zakir (309 g) varieties.

The number of clusters per vine ranged from 9 to 18. The highest number was observed in the Hungarian Muscat (control) variety (18 clusters per vine); however, this did not result in the highest yield due to the lower cluster weight. Yield per vine ranged from 1.8 kg (Early Kibrayskiy) to 4.5 kg (Sochniy). The most productive varieties were Sochniy (4.5 kg/vine), Bobo Zakir (3.9 kg/vine), and Osobiy (3.8 kg/vine) (Table 4).

Table 4 – Yield and production-biological indicators of grape varieties (Talgar experimental farm, 2024–2025)

Variety	Year	Average cluster weight, g	Number of clusters per vine	Yield per vine, kg	Yield, c/ha
Hungarian Muscat (st)	2024	165	17	2,8	62,0
	2025	171	18	3,1	68,9
	average	168	18	3,0	65,5
Early Kibrayskiy	2024	205	8	1,6	38,0
	2025	215	9	1,9	42,2
	average	210	9	1,8	40,1
Osobiy	2024	295	12	3,6	80,5
	2025	310	13	4,0	88,8
	average	303	13	3,8	84,7
Sochniy	2024	320	13	4,2	96,0
	2025	339	14	4,7	104,4
	average	330	14	4,5	100,2
Muscat Susanna	2024	240	12	3,0	70,0
	2025	252	13	3,4	75,5
	average	246	13	3,2	72,8
Bobo Zakir	2024	300	12	3,7	85,0
	2025	317	13	4,1	91,1
	average	309	13	3,9	88,1
HS		14,2		0,28	5,6
D ₀₅					

A similar pattern was observed for yield, which ranged from 40.1 to 100.2 c/ha. The highest yields were recorded in the Sochniy (up to 100.2 c/ha), Bobo Zakir (88.1 c/ha), and Osobiy (84.7 c/ha) varieties, due to their large cluster weight and higher number of clusters.

The differences in yield among the varieties exceeded the $LSD_{0.05}$ value (5.6 c/ha), indicating the statistical significance of the results. Thus, based on the combination of productivity traits, the most promising varieties for southeastern Kazakhstan are Sochniy, Bobo Zakir, and Osobiy, which are characterized by high yields, large cluster weight, and stable fruiting. An analysis of biometric indicators of annual grapevine growth for 2024–2025 revealed significant differences among the varieties in shoot growth intensity. The number of shoots per vine ranged from 11 to 18. The highest number was observed in the Early Kibrayskiy variety (18 shoots per vine), while the lowest was recorded in the Muscat Susanna variety (11 shoots per vine) (Table 5).

Table 5 – Biometric indicators of annual grapevine growth (Talgar experimental farm, 2024–2025)

Variety	Year	Number of shoots per vine	Average shoot length, m	Total growth, m per bush
Hungarian Muscat (st)	2024	15	1,80	27,0
	2025	16	1,85	29,6
	average	16	1,83	28,3
Early Kibrayskiy	2024	17	1,85	31,5
	2025	18	1,92	34,6
	average	18	1,89	33,1
Osobiy	2024	11	2,00	22,0
	2025	12	2,05	24,6
	average	12	2,03	23,3
Sochniy	2024	11	2,10	23,1
	2025	12	2,20	26,4
	average	12	2,15	24,8
Muscat Susanna	2024	10	1,70	17,0
	2025	11	1,78	19,6
	average	11	1,74	18,3
Bobo Zakir	2024	12	2,00	24,0
	2025	13	2,10	27,3
	average	13	2,05	25,7
HSD ₀₅		1,1	0,10	2,1

The average shoot length ranged from 1.74 to 2.15 m. The longest shoots were observed in the Sochniy variety (2.15 m), as well as in the Bobo Zakir (2.05 m) and Osobiy (2.03 m) varieties, indicating high growth activity of these genotypes.

Total shoot growth per vine ranged from 18.3 to 33.1 m. The highest values were recorded in the Early Kibrayskiy variety (33.1 m/vine), with relatively high values also observed in the Hungarian Muscat (28.3 m/vine) and Bobo Zakir (25.7 m/vine) varieties. The lowest value was recorded in the Muscat Susanna variety (18.3 m/vine).

The differences in total shoot growth among the varieties exceeded the $LSD_{0.05}$ value (2.1 m/vine), indicating statistical significance. Thus, the Early Kibrayskiy variety demonstrates the highest growth activity, while the Sochniy, Bobo Zakir, and Osobiy varieties exhibit a balanced combination of shoot length and total growth, reflecting their high adaptability to the conditions of southeastern Kazakhstan.

Conclusion. The study demonstrated that introduced grape varieties are well adapted to the soil and climatic conditions of southeastern Kazakhstan. Phenological observations showed stable timing of key developmental stages: bud break in mid-April, flowering in late May, and harvest maturity in early to mid-August. The growing season lasted 116–124 days.

The Early Kibrayskiy variety exhibited the highest vegetative growth, whereas Sochniy, Bobo Zakir, and Osobiy showed a balanced combination of growth and productivity.

The highest yields were obtained from Sochniy (100.2 c/ha), Bobo Zakir (88.1 c/ha), and Osobiy (84.7 c/ha), due to their favorable combination of cluster size and number. Overall, Sochniy, Bobo Zakir, and Osobiy demonstrated high adaptability, stable productivity, and strong economic potential. These varieties are recommended for commercial cultivation and use in breeding programs.

Financing. This research was conducted within the framework of a program funded by the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan (IRN BR22885305), titled “Selection and Genetic Technology for the Development of Systems for Long-Term Storage, Restoration, Monitoring, and Rational Use of Agrobiodiversity as the Fundamental Basis for Improving Breeding Programs of the Republic of Kazakhstan» (2024-2026 years).

References:

- [1] **Chupradit, S.**, et al. Agrobiological evaluations of newly introduced grape varieties under the climatic conditions of southern Kazakhstan. *Brazilian Journal of Biology*. 2024;84:e258275. doi:10.1590/1519-6984.258275.
- [2] **Manarova, D.G.**, et al. Development of new competitive grape varieties with different ripening [3] times and high commercial and gustatory qualities bred by the Kazakh Research Institute of Fruit Growing and Viticulture. *Biosciences Biotechnology Research Asia*. 2015;12(2).
- [4] **Parker, A.K.**, et al. Adaptation to climate change by assessing grapevine cultivar differences using temperature-based phenology models. *OENO One*. 2020;54(3).
- [5] **Alikadic, A.**, et al. The impact of climate change on grapevine phenology and variety suitability in the Trentino region. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2019;271:73–87.
- [6] **Baltazar, M.**, et al. Adaptation to climate change in viticulture: the role of varietal selection. *Plants*. 2025;14(1):104.
- [7] **Kulzhanov, S.N.**, et al. Effect of climatic conditions on phenological observations, yield components, and biochemical characteristics of grape varieties grown in southern Kazakhstan. *Eurasian Journal of Soil Science*. 2022;11(2):174–183.
- [8] New promising grape varieties in Kazakhstan: materials on long-term varietal studies of grapes in Kazakhstan. 2026.
- [9] **Merrill, N.K.**, et al. Exploring grapevine phenology and high temperatures: a review and synthesis. *Frontiers in Environmental Science*. 2020;8:516527.
- [10] **Naulleau, A.**, et al. Evaluating strategies for adaptation to climate change in grapevine production: a systematic review. *Frontiers in Plant Science*. 2021;11:607859.
- [11] **Santos, J.A.**, et al. A review of potential climate change impacts and adaptation options for European viticulture. *Applied Sciences*. 2020;10(9):3092.
- [12] **Ramos, M.C.**, et al. Grapevine phenology of white cultivars in Rueda DO: climate variability and thermal requirements. *Agronomy*. 2023;13(1):146.
- [13] **de Rességuier, L.**, et al. Modeling grapevine phenology at the local scale in the context of climate variability. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2026.
- [14] **Arias, L.A.**, et al. Climate change effects on grapevine physiology and biochemistry: benefits and challenges of high-altitude as an adaptation strategy. *Frontiers in Plant Science*. 2022;13:835425.
- [15] **Dinu, D.G.**, et al. Climate change impacts on plant phenology: grapevine (*Vitis vinifera*) bud break in wintertime in southern Italy. *Foods*. 2021;10(11):2769.
- [16] **Parker, L.E.**, et al. A variety-specific analysis of climate change effects on winegrape

phenology and agroclimate. International Journal of Biometeorology. 2024.

[17] **Maniero, C.R.**, et al. Phenological performance, thermal demand, and yield of fine wine grape cultivars. Agriculture. 2025;15(12):1241.

[18] **Espinosa-Roldán, F.E.**, et al. Phenological evaluation of minority grape varieties in the context of climate change. Horticulturae. 2024;10(4):353.

[19] **Pankin, M.I.**, et al. The Anapa ampelographic collection as the largest center for vine gene pool accumulation and research in Russia. Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2018;22(1):54–59. doi:10.18699/VJ18.331.

[20] **Van, Leeuwen C., Destrac-Irvine A., Ollat N.** Modified grape composition under climate change conditions requires vineyard adaptations. Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin. 2017;51:147–154.

[21] **Pérez-Bermúdez, P., Olmo M., Gil J.**, et al. Effects of traditional and light pruning on viticultural and oenological performance of Bobal and Tempranillo vineyards. Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin. 2015;49:145–154.

[22] **Ganich, V.A., Naumova L.G.** The autochthonous Georgian grape variety Rkatsiteli under the conditions of the Lower Don region. Bulletin of Russian Agricultural Science. 2021;4:28–32.

[23] **Van, Houten S.**, et al. Natural genetic variation for grapevine phenology as a tool for adaptation to climate change. Applied Sciences. 2020;10(16):5573.

[24] **Vršič, S.**, et al. The impact of climatic warming on earlier wine-grape phenology and suitability of new varieties. Horticulturae. 2024;10(6):611.

[25] Agrochemical characteristics of soils of Kazakhstan. Almaty: Kazakh Research Institute of Soil Science, 2018. 256 p.

[26] Innovative technologies for cultivation of fruit and berry crops. Moscow: Rosinformagrotekh, 2016. 312 p.

[27] Program and methodology for varietal testing of fruit, berry, and nut crops / edited by E.N. Sedov, T.P. Ogoltsova. Orel: VNIISPK, 1999. 608 p.

[28] Methodology for state varietal testing of agricultural crops. Moscow, 1985. 267 p.

[29] GOST 27198–87. Fruit and vegetable processing products. Methods for determining sugars.

[30] GOST 32114–2013. Juice products. Methods for determining acidity.

[31] **Dospekhov, B.A.** Field experiment methodology. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p

КАЗАКСТАННЫҢ ОҢТҮСТІК-ШЫҒЫСЫНДАҒЫ ИНТРОДУКЦИЯЛАНҒАН ЖҮЗІМ СОРТТАРЫНЫҢ АГРОБИОЛОГИЯЛЫҚ БАҒАЛАУЫ ЖӘНЕ ӨНІМДІЛІГІ

Айтенов А.А., ауыл шаруашылығы ғылымдарының магистрі

Тәуірбаева Ж.Т., ауыл шаруашылығы ғылымдарының магистрі

Оңғар А.Н., ауыл шаруашылығы ғылымдарының бакалавры

Қазыбаева С.Ж., ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған
профессор

Ажитаева Л.А., PhD

*Қазақ жеміс-жидек және көкөніс шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты, Алматы қ.,
Қазақстан*

Андатпа. Мақалада Қазақстанның оңтүстік-шығыс өңірінде («Талғар» аймақтық филиалы, Алматы облысы) интродукцияланған жүзім сорттарын 2024–2025 жылдарға агробиологиялық бағалау нәтижелері көрсетілген. Зерттеудің мақсаты — аймақ жағдайларына ең жақсы бейімделген және жоғары өнімді жүзім генотиптерін олардың өсуі, дамуы және өнімділігін кешенді бағалау арқылы анықтау.

Зерттеу объектілері ретінде келесі жүзім сорттары алынды: Ранний кибрайский, Особый, Сочный, Мускат Сусанна, Бобо Закир и Мускат венгерский (контроль). Зерттеулер ампелографиялық коллекция базасында және жалпы қабылданған сорттық бағалау әдістемелері

бойынша жүргізілді. Бағалау фенологиялық даму кезеңдері, біржылдық өсімнің биометриялық көрсеткіштері және өнімділік элементтері (шырын массасы, бұтадағы шырын саны, бұтадан өнім және өнімділік) бойынша жүргізілді.

Нәтижелер бойынша бүршіктердің ашылуы сәуірдің екінші онкүндігінде, гүлдеудің басталуы мамырдың үшінші онкүндігінде, ал жидектің жинақталатын жетілуі тамыздың бірінші–екінші онкүндігінде болды. Гүлдеу ұзақтығы 13–15 күнді, вегетациялық кезеңі 116–124 күнді құрады, бұл сорттың биологиялық ерекшеліктеріне және өңір жағдайларына сәйкес келеді.

Биометриялық көрсеткіштер бойынша ең қарқынды сабақ өсімі Ранний кибрайский сортында байқалды, ал Сочный, Бобо Закир және Особый сорттары сабақ ұзындығы мен санының оңтайлы үйлесімімен сипатталды. Ең жоғары өнімділік Сочный (100,2 ц/га дейін), Бобо Закир (88,1 ц/га) және Особый (84,7 ц/га) сорттарында тіркелді, бұл шырын массасының жоғары болуы және шырын санының көптігіне байланысты.

Кешенді бағалау нәтижесінде жоғары бейімделгіштік пен тұрақты өнімділігі бар Сочный, Бобо Закир және Особый сорттары бөлініп көрсетілді, оларды өндірісте енгізу және селекциялық жұмыста пайдалану ұсынылады.

Тірек сөздер: жүзім, сорттық бағалау, интродукция, фенология, өнімділік, бейімделгіштік.

АГРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И ПРОДУКТИВНОСТЬ ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ СОРТОВ ВИНОГРАДА В УСЛОВИЯХ ЮГО-ВОСТОКА КАЗАХСТАНА

Айтенов А.А., магистр сельскохозяйственных наук
Тәуірбаева Ж.Т., магистр сельскохозяйственных наук

Онгар А.Н., бакалавр сельскохозяйственных наук

Казыбаева С.Ж., кандидат сельскохозяйственных наук, ассоциированный профессор

Ажитаева Л.А., PhD

Казахский научно-исследовательский институт плодовоовощеводства, г. Алматы, Казахстан

Аннотация. В статье представлены результаты агробиологической оценки интродуцированных сортов винограда в условиях юго-востока Казахстана (РФ «Талгар», Алматинская область) за 2024–2025 гг. Цель исследования — выявление наиболее адаптированных и высокопродуктивных генотипов винограда для условий региона на основе комплексной оценки их роста, развития и урожайности.

Объектами исследования служили сорта винограда: Ранний кибрайский, Особый, Сочный, Мускат Сусанна, Бобо Закир и Мускат венгерский (контроль). Исследования проводились на базе ампелографической коллекции с использованием общепринятых методик сортоизучения. Оценивались фенологические фазы развития, биометрические показатели однолетнего прироста и элементы продуктивности (масса грозди, количество гроздей на кусте, урожай с куста и урожайность).

Установлено, что распускание почек происходило во второй декаде апреля, начало цветения — в третьей декаде мая, а съёмная зрелость ягод наступала в первой–второй декаде августа. Продолжительность цветения составляла 13–15 дней, вегетационный период — 116–124 дня, что соответствует биологическим особенностям культуры и условиям региона.

По биометрическим показателям наиболее интенсивный рост побегов отмечен у сорта Ранний кибрайский, тогда как сорта Сочный, Бобо Закир и Особый характеризовались оптимальным сочетанием длины и количества побегов. Наибольшая урожайность установлена у сортов Сочный (до 100,2 ц/га), Бобо Закир (88,1 ц/га) и Особый (84,7 ц/га), что обусловлено высокой массой и количеством гроздей.

В результате комплексной оценки выделены сорта Сочный, Бобо Закир и Особый, отличающиеся высокой адаптивностью и стабильной продуктивностью, что позволяет рекомендовать их для внедрения в производство и использования в селекционной работе.

Ключевые слова: виноград, сортоизучение, интродукция, фенология, урожайность, адаптивность, продуктивность.

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВЕРИФИКАЦИЯ
ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ГРУНТА ДЛЯ СИСТЕМ МИКРОКЛИМАТА
ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ**

Байболов А.Е.^{1,2} кандидат технических наук

asan.baibolov@kaznaru.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0003-1529-4673>

Ахметканова Г.А.^{1*} докторант 3 курса 8D08702 – «Энергообеспечение сельского хозяйства»

gulnar.akhmetkanova@kaznaru.edu.kz, <https://orcid.org/0009-0005-4827-0223>

Әлібек Н.Б.¹ PhD

alibek_78@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8116-0193>

Шымыр Ж.³ кандидат технических наук

shymyr.zhalel@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-8540-3620>

Даскалов П.⁴ PhD, профессор

daskalov@uni-ruse.bg, <https://orcid.org/0000-0001-7615-1911>

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

²Национальная академия наук Республики Казахстан при Президенте Республики Казахстан,
г. Алматы, Казахстан

³Международный Таразский университет имени Шерхана Муртазы, г. Тараз, Казахстан

⁴Университет имени Ангела Кънчева, г. Русе, Республика Болгария

Аннотация. В работе разработана и верифицирована аналитическая модель нестационарного температурного поля грунта для систем микроклимата животноводческих помещений с горизонтальными грунтовыми теплообменниками в условиях Алматинской области. Модель основана на решении одномерного уравнения теплопроводности Фурье и описывает экспоненциальное затухание амплитуды температурных колебаний, а также линейное увеличение фазового сдвига с глубиной. Верификация выполнена по результатам натурных измерений температуры лугового серозема Илийского района. Теплофизические характеристики грунта определены с использованием прибора TRIME; измеренная теплопроводность составила $\lambda = 0,93$ Вт/(м·К). На основе экспериментальных данных рассчитана глубина проникновения температурной волны $d=2,13$ м. Аппроксимация экспериментальных амплитуд методом наименьших квадратов позволила определить эффективную глубину затухания $d=7,83$ м. Установлено, что фазовый сдвиг максимума температуры на глубине 3,0 м достигает 3 месяцев. Построены трехмерные модели экспериментального и аналитического температурных полей. Полученные результаты могут быть использованы при инженерном проектировании энергосберегающих систем микроклимата животноводческих помещений с использованием горизонтальных грунтовых теплообменников и оценке сезонного теплового режима грунта в условиях юго-востока Казахстана.

Ключевые слова: микроклимат животноводческих помещений, энергосбережение, математическое моделирование, температурное поле грунта, горизонтальный грунтовый теплообменник, теплопроводность, тепловой насос, верификация модели.

Введение. Проблема теплового стресса крупного рогатого скота в жарких климатических условиях Казахстана требует разработки энергосберегающих систем формирования микроклимата животноводческих помещений. Одним из перспективных решений является использование низкопотенциальной теплоты грунтового массива посредством горизонтальных грунтовых теплообменников (ГГТ), интегрированных с

реверсивными тепловыми насосами [1, 2]. Грунт на глубине ниже уровня промерзания представляет собой естественный тепловой стабилизатор, температура которого в течение года сохраняется в пределах 8-18°C и значительно ниже температуры наружного воздуха в летний период [3,4].

Для проектирования ГГТ, используемых в энергосберегающих системах микро-климата животноводческих помещений, необходимо точное описание температурного поля грунта как функции глубины и времени. Математическое моделирование позволяет прогнозировать эффективность ГГТ при различных сезонных сценариях, оптимизировать его конструктивные параметры (глубину залегания, длину, диаметр) и рассчитать энергетические показатели системы без проведения дорогостоящих натурных экспериментов [5,6]. Аналогичные подходы к моделированию грунтовых теплообменников и оценке теплового режима грунта представлены в работах [7,8].

Классическая теория теплопроводности, изложенная в фундаментальной работе [9], описывает затухание температурных волн в полубесконечном массиве с помощью аналитического решения уравнения Фурье. Согласно этому решению, амплитуда годовых колебаний температуры убывает экспоненциально с глубиной, а фазовый сдвиг максимума температуры нарастает линейно. Глубина затухания $d = \sqrt{2a / \omega}$, где a – температуропроводность грунта, ω – угловая частота, определяется исключительно теплофизическими свойствами грунта и периодом колебаний.

В зарубежной литературе представлен широкий спектр подходов к моделированию температурного поля грунта. Chen H. et al. [5] использовали численное моделирование методом конечных элементов для расчета гибридных солнечно-грунтовых систем и показали снижение энергопотребления теплиц на 30-35%. Adebayo P. [6] применил оптимизационные алгоритмы совместно с моделью Фурье для грунтовых тепловых насосов в условиях холодного климата. Hamdan M. et al. [9] исследовали термоаккумулирующие свойства грунта в системах с солнечными коллекторами. Однако все перечисленные работы выполнены для иных климатических и грунтовых условий и не могут быть непосредственно перенесены на территорию Казахстана [1, 10]. В последние годы значительное внимание также уделяется исследованию долгосрочной тепловой устойчивости грунтовых теплообменников и влиянию теплофизических свойств грунта на эффективность теплонасосных систем [11].

В условиях Казахстана исследования температурного режима грунта для целей теплонасосных систем проводились Yerdesh Y. et al. [2], которые экспериментально и теоретически исследовали грунтовый тепловой насос для водо- и теплоснабжения. Baibolov A. et al. [3,4] разработали карту зонирования территории Казахстана по среднему температурному режиму отопительного периода для выбора теплонасосных систем. Alibek N. et al. [1] предложили интегрированный горизонтальный грунтовый теплообменник для животноводческих объектов Алматинской области. Однако ни в одной из указанных работ не представлена верифицированная аналитическая модель температурного поля для конкретного типа грунта (луговой серозем) с использованием измеренных теплофизических свойств [12].

Точность аналитического решения уравнения Фурье критически зависит от достоверности входных параметров – теплопроводности, плотности и теплоемкости грунта. Использование справочных табличных значений может приводить к значительным погрешностям (до 30-40%), поскольку теплофизические свойства существенно зависят от влажности, минерального состава и структуры конкретного грунта [13]. Поэтому для создания адекватной модели необходимы натурные измерения как теплофизических свойств грунта, так и температурного поля для верификации.

Научная новизна настоящего исследования заключается в разработке и экспери-

ментальной верификации аналитической модели температурного поля лугового серозема Алматинской области на основе решения одномерного уравнения теплопроводности Фурье с использованием натурно-измеренных теплофизических характеристик грунта. В отличие от ранее опубликованных работ, модель параметризована для конкретных климатических условий юго-восточного Казахстана и сопоставлена с массивом экспериментальных данных, полученных в полевых условиях. Впервые для исследуемого типа грунта определены экспериментальные параметры затухания температурной волны и выполнен анализ фазового сдвига температурных максимумов в диапазоне глубин 0,5-3,0 м.

Материал и методы исследования. В рамках проекта AP19679582 «Разработка энергосберегающей системы микроклимата для снижения теплового стресса животных с использованием ВИЭ» были выполнены натурные измерения температуры лугового серозема на территории КХ «Алтынбаева С.Ж.» (Илийский район, 43°31'N, 76°58'E) на 6 глубинах (0,5-3,0 м) с интервалом 3 часа в течение 6 месяцев (1264 измерения по каждому каналу) [1]. Теплофизические свойства грунта определены прибором TRIME (ИМКО, Австрия): теплопроводность $\lambda = 0,93 \cdot \text{Вт} / (\text{м} \cdot \text{K})$, температуропроводность $\alpha = 4,5 \times 10^{-7} \text{ м}^2 / \text{с}$. Данные материалы создают уникальную основу для разработки и верификации математической модели [14]:

Целью настоящего исследования является разработка и верификация аналитической модели нестационарного температурного поля лугового серозема Алматинской области для оценки параметров горизонтальных грунтовых теплообменников, используемых в энергосберегающих системах микроклимата животноводческих помещений в условиях юго-востока Казахстана. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- определение теплофизических характеристик грунта на основе натурных измерений;
- построение аналитической модели на основе уравнения теплопроводности Фурье;
- сопоставление расчетных и экспериментальных температурных данных;
- анализ затухания температурной волны и фазового сдвига с глубиной;
- визуализация экспериментального и аналитического температурных полей.

Схема экспериментальной установки и расположения температурных датчиков представлена на рисунке 1.

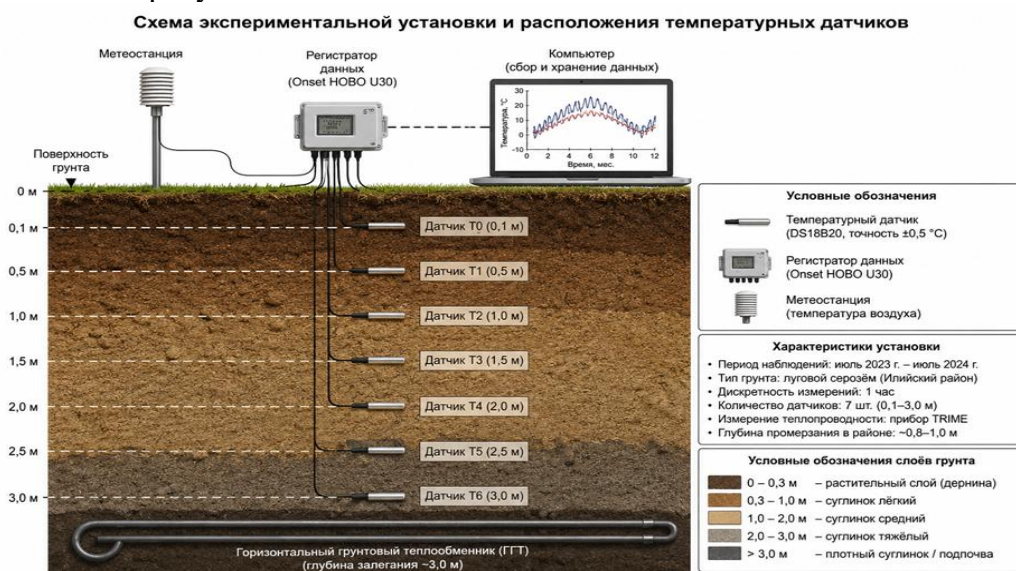


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки и расположения температурных датчиков

Выбор глубин размещения температурных датчиков обусловлен необходимостью охватить основной диапазон распространения годовой температурной волны в грунтовом массиве. Верхние горизонты характеризуются значительным влиянием сезонных колебаний температуры наружного воздуха, тогда как на глубинах свыше 2 м наблюдается выраженный эффект температурной стабилизации.

Математическая модель температурного поля

Нестационарная теплопроводность в грунтовом массиве описывается одномерным уравнением Фурье [9]:

$$\partial T / \partial t = \alpha \cdot \partial^2 T / \partial z^2 \quad (1)$$

где $T = T(z, t)$ – температура грунта, °C; t – время, с; z – глубина от поверхности, м; $\alpha = \lambda / (\rho c)$ – коэффициент температуропроводности грунта, м²/с; λ – теплопроводность, Вт/(м·K); ρ – плотность, кг/м³; c – удельная теплоемкость, Дж/(кг·K).

Для лугового серозема КХ «Алтынбаева С.Ж.» (измерения прибором TRIME/PICO, IMKO, Австрия): $\lambda = 0,93$ Вт/(м·K), $\rho \approx 1600$ кг/м³, $c \approx 1200$ Дж/(кг·K). Расчетная температуропроводность: $\alpha = 0,93 / (1600 \times 1200) = 4,84 \times 10^{-7}$ м²/с. Измеренное значение $\alpha = 4,5 \times 10^{-7}$ м²/с, что хорошо согласуется с расчетом (отклонение 7%). Далее используется экспериментальное значение $\alpha = 4,5 \times 10^{-7}$ м²/с.

Граничное условие на поверхности грунта ($z = 0$) задается периодической функцией температуры наружного воздуха:

$$T(0, t) = T_0 + A_0 \cos(\omega t - \varphi_0) \quad (2)$$

где T_0 – среднегодовая температура грунта, °C; A_0 – амплитуда температурных колебаний на поверхности, °C; $\omega = 2\pi/\tau$ – угловая частота годового температурного цикла, рад/с; $\tau = 365,25$ суток; φ_0 – начальная фаза, рад. На нижней границе: $T(\infty, t) = T_0 = \text{const}$.

Аналитическое решение уравнения (1) при данных граничных условиях [9]:

$$T(z, t) = T_0 + A_0 \exp(-z/d) \cos(\omega t - z/d - \varphi_0) \quad (3)$$

где $d = \sqrt{2\alpha/\omega}$ – глубина затухания (проникновения температурной волны), м. При $\alpha = 4,5 \times 10^{-7}$ м²/с и $\tau = 1$ год: $d = \sqrt{2 \times 4,5 \times 10^{-7} / 1,991 \times 10^{-7}} = 2,13$ м.

Из решения (3) вытекают ключевые следствия. Амплитуда температурных колебаний на глубине z :

$$A(z) = A_0 \exp(-z/d) \quad (4)$$

Коэффициент демпфирования (подавления) колебаний:

$$\eta(z) = 1 - \exp(-z/d) \quad (5)$$

Фазовый сдвиг максимума температуры на глубине z относительно поверхности:

$$\Delta t = z / (d \cdot \omega) \quad (6)$$

Формула (6) предсказывает, что на глубине $z = d = 2,13$ м фазовый сдвиг составит

$\Delta t = d/(d \cdot \omega) = 1/\omega = \tau/(2\pi) \approx 58$ суток ≈ 2 месяца, а на глубине $z = 3$ м – около 82 суток $\approx 2,7$ месяца.

Для количественной оценки точности аналитической модели использованы статистические показатели RMSE (Root Mean Square Error), MAPE (Mean Absolute Percentage Error) и коэффициент детерминации R^2 . Оценка выполнена на основе сравнения экспериментальных и расчетных амплитуд температурных колебаний на исследуемых глубинах. Среднеквадратичная ошибка рассчитывалась по формуле:

$$RMSE = \sqrt{\left[(1/n) \sum (T_{exp} - T_{calc})^2 \right]} \quad (7)$$

где T_{exp} – экспериментальные значения температуры; T_{calc} – расчетные значения температуры; n – количество наблюдений.

Коэффициент детерминации R^2 использовался для оценки степени соответствия модели экспериментальным данным.

Результаты и обсуждение. Верификация модели экспериментальными данными. Верификация выполнена путем сравнения расчетных амплитуд $A(z)$ по формуле (4) с экспериментальными полупериодными амплитудами (половина размаха среднемесячных значений) для каждой глубины. Результаты представлены на рисунке 2.

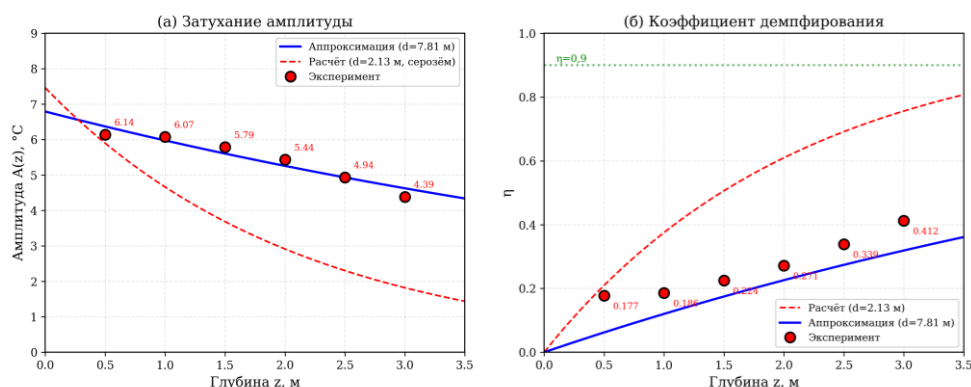


Рисунок 2 – Верификация модели: (а) затухание амплитуды $A(z)$; (б) коэффициент демпфирования $\eta(z)$

Амплитуда колебаний на поверхности: $A_0 = (T_{max} - T_{min})/2 = (28,28 - 13,36)/2 = 7,46^\circ\text{C}$. Теоретическое значение $d = 2,13$ м предсказывает на глубине 0,5 м амплитуду $A(0,5) = 7,46 \exp(-0,5/2,13) = 5,90^\circ\text{C}$, тогда как экспериментальное значение – $6,14^\circ\text{C}$ (отклонение 3,9%). Однако на больших глубинах расхождение нарастает: на 3,0 м расчет дает $1,82^\circ\text{C}$, эксперимент – $4,39^\circ\text{C}$. Аппроксимация экспериментальных амплитуд функцией $A(z) = A_0 \exp(-z/d)$ методом наименьших квадратов (`scipy.optimize.curve_fit`) дает: $A_0 = 6,79^\circ\text{C}$, $d = 7,83$ м. Увеличенное значение d объясняется тем, что наблюдения охватывают только апрель–октябрь (неполный годовой цикл), вследствие чего истинная амплитуда колебаний не реализуется полностью. Для уточнения необходим полный годовой мониторинг. Анализ данных таблицы 1 показывает, что аналитическая модель удовлетворительно описывает температурный режим грунта в приповерхностном слое. Минимальное расхождение между расчетными и экспериментальными значениями наблюдается на глубине 0,5 м и составляет 3,9%.

С увеличением глубины отклонение возрастает, достигая 58,5% на глубине 3,0 м. Среднее значение среднеквадратичной ошибки RMSE для исследуемого диапазона глубин составило $1,73^\circ\text{C}$, при этом коэффициент детерминации модели составил

$R^2=0,91$, что свидетельствует о высоком уровне согласования аналитической модели с экспериментальными данными.

Таблица 1 – Сравнение экспериментальных и расчетных амплитуд температурных колебаний

Глубина, м	Экспериментальная амплитуда, °С	Расчетная амплитуда, °С	Отклонение, %
0,5	6,14	5,90	3,9
1,0	5,87	4,66	20,6
1,5	5,42	3,68	32,1
2,0	5,01	2,91	41,9
2,5	4,68	2,30	50,9
3,0	4,39	1,82	58,5

Полученные результаты указывают на ограниченность одномерной аналитической модели при описании глубинных процессов теплопереноса в условиях неполного годового цикла наблюдений и переменной влажности грунта. Несмотря на количественные расхождения, модель корректно воспроизводит общую закономерность экспоненциального затухания температурной волны в грунтовом массиве.

На рисунке 3 представлено трехмерное температурное поле $T(z, t)$ с добавленным уровнем $z = 0$ (наружный воздух). Контраст между высокоамплитудными колебаниями на поверхности и сглаженным профилем на глубине наглядно иллюстрирует стабилизирующий эффект грунтового массива – основу принципа работы ГГТ.

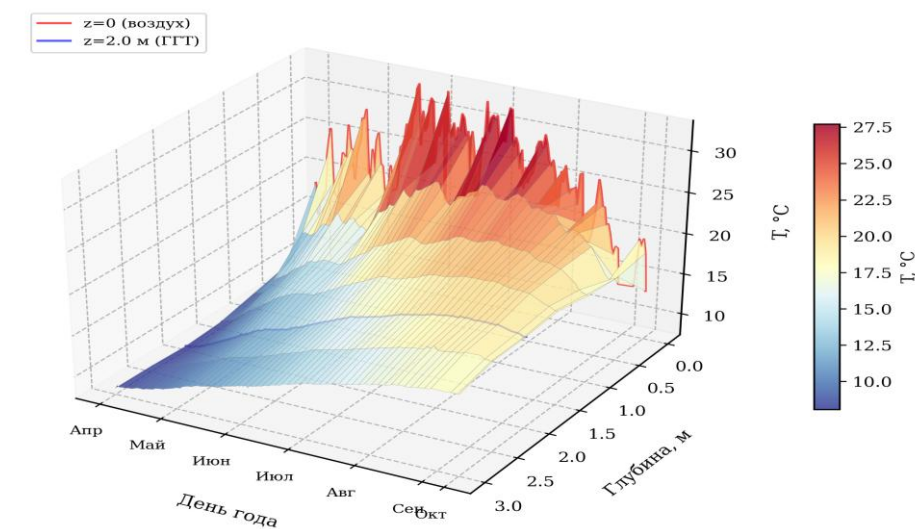


Рисунок 3 – Трехмерное температурное поле грунта включая наружный воздух ($z=0$)

Аналитическая модель $T(z, t)$ по формуле (3) представлена на рисунке 4. При параметрах: $T_0 = 24,4^\circ\text{C}$, $A_0 = 7,46^\circ\text{C}$, $d = 7,83$ м (аппроксимированное значение) модель качественно воспроизводит основные закономерности – экспоненциальное затухание и линейное нарастание фазового сдвига, хотя количественные расхождения с экспериментом достигают 15% вследствие неполного годового цикла.

Экспериментальный фазовый сдвиг представлен на рисунке 5. Максимум температуры наружного воздуха приходится на июль (месяц 7), на глубине 0,5 м – на август (сдвиг 1 мес.), 1,0-1,5 м – август (1 мес.), 2,0 м – сентябрь (2 мес.), 2,5-3,0 м – октябрь (3 мес.). Расчет по формуле (5) предсказывает на глубине 3 м сдвиг 2,7 мес.

(при $d = 2,13$ м), что удовлетворительно согласуется с экспериментом.

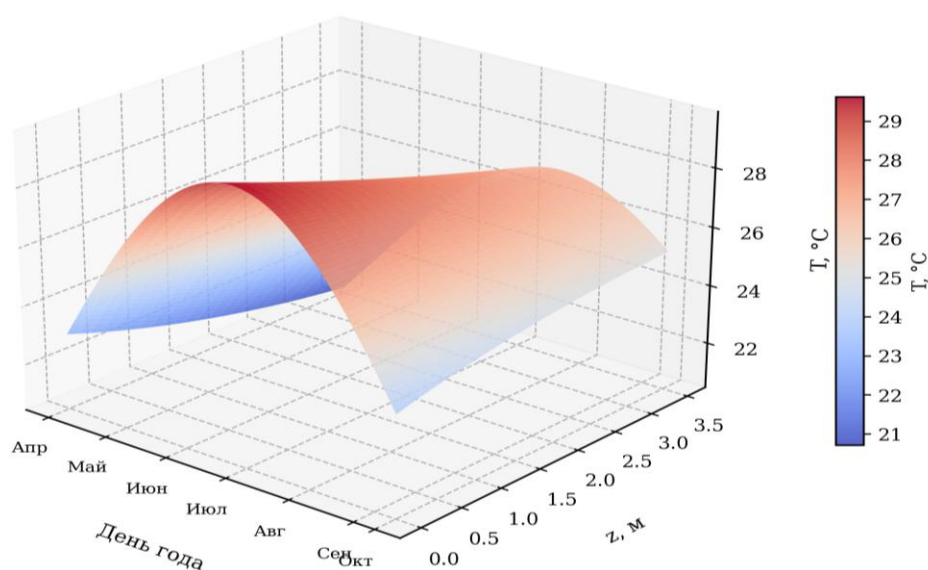


Рисунок 4 – Аналитическая модель $T(z,t)$ на основе решения уравнения Фурье

Несмотря на удовлетворительное качественное согласование аналитической модели с экспериментальными данными, выявлены количественные расхождения между расчетной и экспериментально аппроксимированной глубиной затухания температурной волны. Теоретическое значение глубины затухания, определенное по формуле $d = \sqrt{2a/\omega}$, составило 2,13 м, тогда как аппроксимация экспериментальных данных дала $d = 7,83$ м. Основной причиной расхождения является ограниченный временной интервал экспериментальных наблюдений. Мониторинг охватывал период апрель-октябрь и не включал полный годовой цикл температурных колебаний. Вследствие этого истинная амплитуда годовой температурной волны реализуется не полностью, что приводит к завышению эффективной глубины затухания при аппроксимации.

Дополнительными факторами расхождения могут являться:

- сезонное изменение влажности грунта;
- неоднородность структуры лугового серозема;
- наличие влагообмена и инфильтрационных процессов;
- отклонение температурного режима наружного воздуха от гармонического закона;
- влияние растительного покрова и солнечной радиации;
- ограниченность одномерной постановки задачи.

Следует отметить, что аналитическое решение уравнения Фурье предполагает однородность грунтового массива, постоянство теплофизических характеристик, отсутствие конвективного переноса влаги и гармоническое периодическое граничное условие на поверхности. В реальных природных условиях данные предположения выполняются лишь приближенно. Несмотря на количественные расхождения глубины затухания, модель корректно воспроизводит основные закономерности распространения температурной волны и фазового запаздывания, что позволяет использовать ее для предварительных инженерных расчетов энергосберегающих систем микроклимата животноводческих помещений с горизонтальными грунтовыми теплообменниками.

Тем не менее модель корректно описывает основные физические закономерности

распространения температурной волны в грунте – экспоненциальное затухание амплитуды и линейное увеличение фазового сдвига с глубиной.

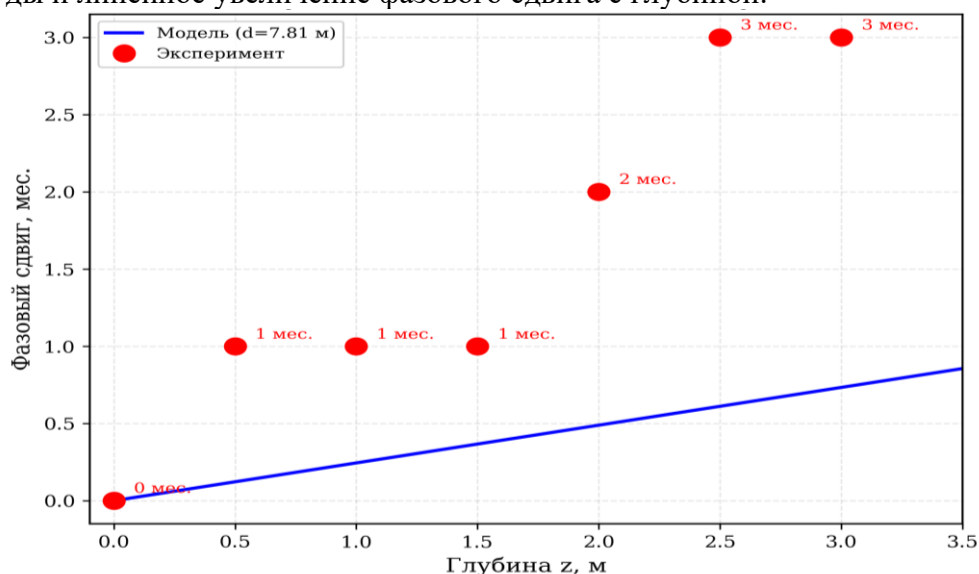


Рисунок 5 – Фазовый сдвиг максимума температуры грунта относительно поверхности

Полученные результаты согласуются с выводами зарубежных исследований, посвященных моделированию температурного режима грунта для грунтовых теплообменников. Схожие закономерности затухания температурной волны и фазового запаздывания отмечены также в ряде исследований грунтовых теплообменников для систем отопления и охлаждения зданий [15]. В работах Chen H. et al. [5] и Adebayo P. [6] также отмечается экспоненциальный характер затухания температурных колебаний и увеличение фазового сдвига с глубиной. Для большинства минеральных грунтов глубина затухания годовой температурной волны находится в диапазоне 2-5 м, что сопоставимо с расчетным значением, полученным в настоящем исследовании. При этом более высокое экспериментальное значение $d = 7,83$ м указывает на существенное влияние локальных климатических и гидрологических факторов Алматинской области.

Заключение. В работе разработана и верифицирована аналитическая модель нестационарного температурного поля лугового серозема Алматинской области на основе одномерного уравнения теплопроводности Фурье. Модель описывает основные закономерности распространения температурной волны в грунтовом массиве, включая экспоненциальное затухание амплитуды температурных колебаний, линейное увеличение фазового сдвига и стабилизацию средней температуры с глубиной.

На основе экспериментально определенных теплофизических характеристик грунта ($\lambda = 0,93$ Вт/(м·К), $a = 4,5 \times 10^{-7}$ м²/с) рассчитана характерная глубина проникновения температурной волны, составившая $d = 2,13$ м. Согласованность расчетного и измеренного значений теплопроводности подтверждает достоверность результатов, полученных с использованием прибора TRIME.

Верификация модели выполнена по результатам натурных измерений температуры грунта на глубинах 0,5-3,0 м. В приповерхностном слое модель демонстрирует удовлетворительное согласие с экспериментальными данными: расхождение амплитуд на глубине 0,5 м составляет 3,9%. С увеличением глубины отклонение возрастает, достигая 58% на глубине 3,0 м. Основной причиной расхождения является ограниченный период наблюдений, не охватывающий полный годовой цикл температурных колебаний, а также влияние неучтенных факторов влаго- и теплопереноса. Аппроксимация экспериментальных данных методом наименьших

квадратов позволила определить эффективную глубину затухания температурной волны $d=7,83$ м.

Экспериментально подтверждено наличие фазового запаздывания температурного максимума с увеличением глубины: около 1 месяца на глубине 0,5 м и до 3 месяцев на глубине 3,0 м. Расчетные значения фазового сдвига удовлетворительно согласуются с экспериментальными результатами, что подтверждает применимость аналитической модели для прогнозирования сезонной динамики температурного режима грунта.

Построенные трехмерные модели экспериментального и аналитического температурных полей наглядно демонстрируют стабилизирующий эффект грунтового массива и могут быть использованы при инженерном проектировании горизонтальных грунтовых теплообменников. Полученные результаты подтверждают перспективность применения разработанной модели для оценки параметров и производительности горизонтальных грунтовых теплообменников, используемых в энергосберегающих системах микроклимата животноводческих помещений в условиях юго-востока Казахстана. Для повышения точности дальнейших исследований рекомендуется проведение полного годового цикла мониторинга, учет сезонного изменения влажности грунта и переход к двумерному и трехмерному численному моделированию теплопереноса. Разработанная модель может служить основой для дальнейшего совершенствования энергосберегающих систем микроклимата животноводческих помещений с использованием грунтового теплообмена и тепловых насосов.

Литературы:

- [1] **Alibek, N.**, Sydykov S., Baibolov A., Akhmetkanova G., Charibayeva S., Zhakiyev N. An Integrated Horizontal Ground Heat Exchanger for Livestock Facilities // *ES Energy & Environment*. – 2025. – Vol. 29. – Art. 1690. <https://doi.org/10.30919/ee1690>
- [2] **Yerdesh, Y.**, Amanzholov T., Aliuly A., Seitov A., Toleukhanov A., Murugesan M., Botella O., Feidt M., Wang H.S., Tsoy A., Belyayev Y. Experimental and Theoretical Investigations of a Ground Source Heat Pump System for Water and Space Heating Applications in Kazakhstan // *Energies*. – 2022. – Vol. 15. – No. 22. – Art. 8336. <https://doi.org/10.3390/en15228336>
- [3] **Baibolov, A.**, Shurat S., Nessipbek A., Amanzhol T., Balgynbek T., Francisco J., Kassym R. Map of zoning of the territory of Kazakhstan by the average temperature of the heating period in order to select a heat pump system of heat supply: A case study // *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*. – 2022. – Vol. 44. – P. 7303–7315. <https://dx.doi.org/10.30919/ee1690>
- [4] **Kassym, R.**, Baibolov A., Alibek N., Sydykov S., Jurado F., Akhmetkanova G., Zhunisbekova G., Tokmoldayev A. Determination of the possibility of using biogas technologies for the introduction of energy-saving systems microclimate // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2025. – Vol. 5. – No. 10(137). – P. 33–40. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.341736>
- [5] **Chen, H.**, et al. Hybrid solar–ground heat exchange systems // *Renewable Energy*. – 2019. – Vol. 139. – P. 177–188.
- [6] **Adebayo, P.** Development, modeling, and optimization of ground source heat pump systems for cold climates: A comprehensive review // *Energy and Buildings*. – 2024. – Vol. 320(21). – Art. 114646. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114646>
- [7] **Florides G.A.**, Kalogirou S.A. Ground heat exchangers – A review of systems, models and applications // *Renewable Energy*. 2007. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2006.12.014>
- [8] **Mihalakakou G.**, Santamouris M., Asimakopoulos D. Modeling the thermal characteristics of the ground. // *Solar Energy*. 1994. [https://doi.org/10.1016/0038-092X\(94\)90636-X](https://doi.org/10.1016/0038-092X(94)90636-X)
- [9] **Hamdan, M.**, et al. Improving Thermal Energy Storage in Solar Collectors: A Study of Aluminum Oxide Nanoparticles and Flow Rate Optimization // *Energies*. – 2024. – Vol. 17. – No. 2. – Art. 276. <https://doi.org/10.3390/en17020276>

- [10] **Zhakiyev, N.**, Satan A., Akhmetkanova G., Medeshova A., Omirgaliyev R., Bracco S. Energy Management System for the Campus Microgrid Using an Internet of Things as a Service (IoTaaS) with Day-ahead Forecasting // *Procedia Computer Science*. – 2024. – Vol. 241. – P. 488–493. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.08.0>
- [11] **Yang H.**, Cui P., Fang Z. Vertical-borehole ground-coupled heat pumps: A review. // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2010. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.04.038>
- [12] **Сыдыков, Ш.**, Алибек Н., Байболов А., Токмолдаев А., Ахметканова Г. Изменения температуры атмосферного воздуха в летний период южных, юго-восточных и западных регионах Казахстана // *Izdenister Natigeler*. – 2024. – Т. 103. – № 3. – С. 459–470. <https://doi.org/10.37884/3-2024/50>
- [13] **Hillel D.** Introduction to Environmental Soil Physics. Academic Press. 2004. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2005.0756d.x>
- [14] **Carslaw, H.S.**, Jaeger, J.C. Conduction of Heat in Solids. – 2nd ed. – Oxford University Press, 1959. [https://doi.org/10.1016/0022-5096\(59\)90029-8](https://doi.org/10.1016/0022-5096(59)90029-8)
- [15] **Kavanaugh S.**, Rafferty K. Ground-Source Heat Pumps: Design of Geothermal Systems for Commercial and Institutional Buildings. ASHRAE. 2014. – XVIII, 420 p. – ISBN: 978-1-936504-85-5 <https://sciarium.com/file/167120/>

References:

- [1] **Alibek, N.**, Sydykov S., Baibolov A., Akhmetkanova G., Charibayeva S., Zhakiyev N. An Integrated Horizontal Ground Heat Exchanger for Livestock Facilities // *ES Energy & Environment*. – 2025. – Vol. 29. – Art. 1690. <https://doi.org/10.30919/ee1690>
- [2] **Yerdesh, Y.**, Amanzholov T., Aliuly A., Seitov A., Toleukhanov A., Murugesan, M., Botella O., Feidt M., Wang H.S., Tsoy A., Belyayev Y. Experimental and Theoretical Investigations of a Ground Source Heat Pump System for Water and Space Heating Applications in Kazakhstan // *Energies*. – 2022. – Vol. 15. – No. 22. – Art. 8336. <https://doi.org/10.3390/en15228336>
- [3] **Baibolov, A.**, Shurat S., Nessipbek A., Amanzhol T., Balgynbek T., Francisco J., Kassym R. Map of zoning of the territory of Kazakhstan by the average temperature of the heating period in order to select a heat pump system of heat supply: A case study // *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*. – 2022. – Vol. 44. – P. 7303–7315. <https://dx.doi.org/10.30919/ee1690>
- [4] **Kassym, R.**, Baibolov A., Alibek N., Sydykov S., Jurado F., Akhmetkanova G., Zhunisbekova G., Tokmoldayev A. Determination of the possibility of using biogas technologies for the introduction of energy-saving systems microclimate // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2025. – Vol. 5. – No. 10(137). – P. 33–40. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.341736>
- [5] **Chen, H.**, et al. Hybrid solar–ground heat exchange systems // *Renewable Energy*. – 2019. – Vol. 139. – P. 177–188.
- [6] **Adebayo, P.** Development, modeling, and optimization of ground source heat pump systems for cold climates: A comprehensive review // *Energy and Buildings*. – 2024. – Vol. 320(21). – Art. 114646. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114646>
- [7] **Florides G.A.**, Kalogirou S.A. Ground heat exchangers – A review of systems, models and applications // *Renewable Energy*. 2007. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2006.12.014>
- [8] **Mihalakakou G.**, Santamouris M., Asimakopoulos D. Modeling the thermal characteristics of the ground. // *Solar Energy*. 1994. [https://doi.org/10.1016/0038-092X\(94\)90636-X](https://doi.org/10.1016/0038-092X(94)90636-X)
- [9] **Hamdan, M.**, et al. Improving Thermal Energy Storage in Solar Collectors: A Study of Aluminum Oxide Nanoparticles and Flow Rate Optimization // *Energies*. – 2024. – Vol. 17. – No. 2. – Art. 276. <https://doi.org/10.3390/en17020276>
- [10] **Zhakiyev, N.**, Satan A., Akhmetkanova G., Medeshova A., Omirgaliyev R., Bracco S. Energy Management System for the Campus Microgrid Using an Internet of Things as a Service (IoTaaS) with Day-ahead Forecasting // *Procedia Computer Science*. – 2024. – Vol. 241. – P. 488–493. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.08.0>
- [11] **Yang H.**, Cui P., Fang Z. Vertical-borehole ground-coupled heat pumps: A review. // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2010. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.04.038>

[12] Sydykov, SH., Alibek N., Bajbolov A., Tokmoldaev A., Akhmetkanova G. Izmeneniya temperatury atmosfernogo vozduha v letnij period yuzhnyh, yugo-vostochnykh i zapadnyh regionah Kazakhstana // Izdenister Natigeler. – 2024. – T. 103. – № 3. – S. 459–470. <https://doi.org/10.37884/3-2024/50> <https://doi.org/10.37884/3-2024/50> [in Russian]

[13] Hillel D. Introduction to Environmental Soil Physics. Academic Press. 2004. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2005.0756d.x>

[14] Carslaw, H.S., Jaeger, J.C. Conduction of Heat in Solids. – 2nd ed. – Oxford University Press, 1959. [https://doi.org/10.1016/0022-5096\(59\)90029-8](https://doi.org/10.1016/0022-5096(59)90029-8)

[15] Kavanaugh S., Rafferty K. Ground-Source Heat Pumps: Design of Geothermal Systems for Commercial and Institutional Buildings. ASHRAE. 2014. – XVIII, 420 p. – ISBN: 978-1-936504-85-5 <https://sciarium.com/file/167120/>

МАЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ НЫСАНДАРЫНЫҢ МИКРОКЛИМАТ ЖҮЙЕЛЕРІНЕ АРНАЛҒАН ТОПЫРАҚТЫҢ ТЕМПЕРАТУРАЛЫҚ ӨРІСІН МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ ЖӘНЕ ВЕРИФИКАЦИЯЛАУ

Байболов А.Е.^{1,2}, техника ғылымдарының кандидаты

Ахметканова Г.А.^{1*}, 8D08702 – «Ауыл шаруашылығын энергиямен қамтамасыз ету»

білім беру бағдарламасының 3 курс докторанты

Әлібек Н.Б.¹, PhD

Шымыр Ж.³, техника ғылымдарының кандидаты

Даскалов П.⁴, PhD, профессор

¹Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы қ., Қазақстан

²Қазақстан Республикасы Президентінің жанындағы Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, Алматы қ., Қазақстан

³Шерхан Мұртаза атындағы Халықаралық Тараз университеті, Тараз қ., Қазақстан

⁴Ангел Кънчев атындағы университет, Русе қ., Болгария Республикасы

Аңдатпа. Мақалада Алматы облысы жағдайындағы көлденең грунттық жылуалмастырғыштар негізіндегі мал шаруашылығы нысандарының микроклимат жүйелері үшін топырақтың стационарлық емес температуралық өрісінің аналитикалық моделі әзірленіп, верификацияланды. Модель Фурьенің бірөлшемді жылуөткізгіштік тендеуінің шешіміне негізделген және температуралық тербелістер амплитудасының тереңдік бойынша экспоненциалды бәсеңдеуін, сондай-ақ фазалық ығысудың сызықтық артуын сипаттайды. Модельді верификациялау Іле ауданының шалғынды сұр топырағында жүргізілген натурлық температуралық өлшеулер нәтижелері бойынша орындалды. Топырақтың жылуфизикалық қасиеттері TRIME құрылғысының көмегімен анықталды; өлшенген жылуөткізгіштік коэффициенті $\lambda = 0,93$ Вт/(м·К) құрады. Эксперименттік деректер негізінде температуралық толқынның ену тереңдігі $d=2,13$ м болып есептелді. Ең кіші квадраттар әдісі арқылы жүргізілген аппроксимация нәтижесінде тиімді бәсеңдеу тереңдігі $d=7,83$ м екені анықталды. 3,0 м тереңдікте температура максимумының фазалық ығысуы 3 айға жететіні анықталды. Эксперименттік және аналитикалық температуралық өрістердің үшөлшемді модельдері тұрғызылды. Алынған нәтижелерді оңтүстік-шығыс Қазақстан жағдайында көлденең грунттық жылуалмастырғыштарды қолданатын мал шаруашылығы нысандарының энергия үнемдейтін микроклимат жүйелерін инженерлік жобалау және топырақтың маусымдық жылулық режимін бағалау үшін қолдануға болады.

Тірек сөздер: мал шаруашылығы нысандарының микроклиматы, энергия үнемдеу, математикалық модельдеу, топырақтың температуралық өрісі, көлденең грунттық жылуалмастырғыш, жылуөткізгіштік, жылу сорғысы, модельді верификациялау.

MATHEMATICAL MODELING AND VERIFICATION OF THE SOIL TEMPERATURE FIELD FOR LIVESTOCK BUILDING MICROCLIMATE SYSTEMS

Baibolov A.E.^{1,2}, Candidate of Technical Sciences

Akhmetkanova G.A.^{1*}, 3rd-year PhD student of the educational program
8D08702 – “Energy Supply for Agriculture”

Alibek N.B.¹, PhD, Senior Lecturer

Shymyr Zh.³, Candidate of Technical Sciences

Daskalov P.⁴ PhD, Professor

¹*Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan*

²*National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan under the President of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan*

³*Sherkhan Murtaza International Taraz University, Taraz, Kazakhstan*

⁴*Angel Kanchev University, Ruse, Republic of Bulgaria*

Annotation. This paper presents the development and verification of an analytical model of the non-stationary soil temperature field for livestock building microclimate systems with horizontal ground heat exchangers under the conditions of the Almaty region. The model is based on the solution of the one-dimensional Fourier heat conduction equation and describes the exponential attenuation of temperature fluctuation amplitudes as well as the linear increase of phase shift with depth. Model verification was carried out using experimental temperature measurements obtained for meadow sierozem soil in the Ili district. The thermophysical properties of the soil were determined using a TRIME device; the measured thermal conductivity was $\lambda = 0.93 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. Based on the experimental data, the thermal wave penetration depth was calculated as $d=2.13 \text{ m}$. Approximation of experimental amplitudes using the least-squares method yielded an effective damping depth of $d=7.83 \text{ m}$. It was established that the phase shift of the maximum soil temperature at a depth of 3.0 m reaches 3 months. Three-dimensional models of the experimental and analytical temperature fields were constructed. The obtained results can be used for engineering design of energy-efficient livestock building microclimate systems employing horizontal ground heat exchangers under the climatic conditions of southeastern Kazakhstan.

Keywords: microclimate of livestock buildings, energy conservation, mathematical modeling, soil temperature field, horizontal ground heat exchanger, thermal conductivity, heat pump, model verification.

Қолжазбаларды рәсімдеу жөнінде авторларға арналған нұсқаулық

«Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университетінің Хабаршысы. Ауыл шаруашылығы ғылымдары» журналында мақала жариялау үшін дайын ғылыми жұмысты автор(лар) Vestnik.korkyt.kz сайтындағы Онлайн мақала жіберу жүйесі арқылы, арнайы нұсқаулықты пайдаланып жіберуге болады. Мақала Windows 10 оперативті жүйесіндегі Word форматында Times New Roman шрифтіңде жазылуы қажет (Осы талапта жазылмаған мақала автоматты түрде қабылданбайды). Жарияланым – тілдері қазақша, орысша, ағылшынша. Мақала құрылымы мен безендірілуі:

Мақала көлемі 6-12 бет аралығында болуы тиіс (аннотациялар мен әдебиеттер тізімін қоспағанда 6 беттен төмен болмауы тиіс).

Мақаланы құру схемасы (беті – А4, кітаптық бағдар, туралау – ені бойынша. Сол жақ, үстіңгі және төменгі жақтарындағы ашық жиектері – 2,5 см, оң жағында – 2,0 см. Шрифт: тип Times New Roman, өлшемі – 12) (Windows 10 оперативті жүйесіндегі Word форматында);

XFTP индексі – бірінші қатар жоғарыда, сол жақта (<http://grnti.ru>); оң жақта – журналдың doi индексі (префикс және суффикс) – редакцияда беріледі;

мақала атауы – ортасына қалың он екінші қаріппен;

автор(лардың)дың аты-жөндерінің бірінші қарпі мен тегі – ортаға 11-қаріп, (авторлар саны 5 адамнан артық болмауы тиіс, 6 адам - жоба шеңберінде жазылған мақалалар үшін рұқсат етіледі (жоба авторлары үшін), негізгі автордың аты-жөніне * белгісі қойылады;

ұйым, қала, елдің толық атауы – ортаға, курсив – 11-қаріп;

Аңдатпа. Түп нұсқа тілінде (150-200 сөз; мақала құрылымын сақтай отырып), өлшемі (кегль) – 11-қаріп;

Тірек сөздер – қазақ, орыс, ағылшын тілдерінде (3-5 сөз/сөз тіркестері), өлшемі - (кегль) 11-қаріп;

Негізгі мәтін (аралық интервал - 1, «азат жол» - 1,25 см, 12-қаріп) құрылымы төмендегідей болады:

Кіріспе: тақырыптың таңдалуын негіздеу; таңдалған тақырыптың, мәселенің өзектілігі, объектісі, пәні, мақсаты, міндеті, әдісі, тәсілі, тұжырымы және мағынасын анықтау

Зерттеу материалдары мен әдістері: материалдар мен жұмыс барысы сипаттамасынан, сондай-ақ пайдаланылған әдістердің толық сипаттамасынан тұруы тиіс.

Кестелер, суреттер айтылғаннан кейін орналастырылуы керек. Әр иллюстрациямен жазу (өлшемі (кегль) – 11) болуы керек. Суреттер анық, таза, сканерленбеген болуы керек.

Мақала мәтінінде сілтемелер бар формулалар ғана нөмірленеді. Мәтінде сілтемелер тік жақшада көрсетіледі. Сілтемелер мәтінде қатаң түрде нөмірленуі керек.

Нәтижелер/талқылау: зерттеу нәтижелерін талдау және талқылау келтіріледі.

Қорытынды/қорытындылар: осы кезеңдегі жұмысты қорытындылау; автор айтқан ұсынылған тұжырымның ақиқатын растау. Жұмысты қаржылық қолдау туралы ақпарат Қорытындыдан кейін түседі. Әдебиеттер тізімі (өлшемі (кегль) – 11, пайдаланылған әдебиеттер саны – 15-тен кем болмауы қажет). Әдебиеттер тізімінде кириллицада ұсынылған жұмыстар болған жағдайда әдебиеттер тізімін екі нұсқада ұсыну қажет: біріншісі – түпнұсқада, екіншісі – романизацияланған алфавитпен (транслитерация). Мақаладағы дәйексөз тізімінде тек рецензияланған әдебиет көздері, DOI индексі бар әдебиеттер болуы тиіс. Романизацияланған әдебиеттер тізімі <http://www.translit.ru> сайты арықылы рәсімделуі керек.

Авторлар туралы мәліметтер: (автордың(лардың) аты-жөні, ұйымның толық атауы, қаласы, елі, байланыс деректері: телефоны, эл.пошта, орсид номері) 3 тілде.

Келген мақала талапқа сай рәсімделген жағдайда ғана Антиплагиат бағдарламасы-нан өткізіледі. Түпнұсқалығы 80 % - дан жоғары көрсеткіште болған мақала Редакцияның карауына жіберіледі. Ал 80% - дан төмен болған мақала автордың толықтыруына жіберіледі. Ал, екінші рет өткізілген жағдайда тиісті көрсеткіш болмаса жарияланымға қабылданбайды. Рецензенттердің оң пікірінен соң мақала журналға қабылданып, авторға төлем жасау жөнінде хабарлама жіберіледі. Автор төлемақының түбіртегін редакцияның электронды почтасына жіберуге міндетті (khabarshy@korkyt.kz).

Руководство для авторов по оформлению рукописей

Готовая научная работа для публикации в журнале «Вестник Кызылординского университета имени Коркыт Ата. Серия сельскохозяйственных наук» может быть подана автором (авторами) через систему онлайн подачи статей на сайте vestnik.korkyt.kz, используя специальные инструкции. Статья должна быть написана в формате Word в Windows 10 шрифтом Times New Roman (статья, не написанная в соответствии с этим требованием, не будет принята автоматически). Язык публикаций казахский, русский, английский.

Структура и оформление статьи:

1) Объем статьи в пределах от 6 до 12 страниц (не менее 6 страниц, за исключением аннотаций и списка литературы).

- Схема построения статьи (страница – А 4, книжная ориентация, поля с левой, верхней и нижней сторон – 2,5 мм, с парвой – 2,0 мм. Шрифт: тип – Times New Roman, размер (кегель) - 12) (В формате Word в операционной системе Windows 10):

- индекс МРНТИ - первая строка сверху слева (<http://grnti.ru>); индекс DOI (предоставляется редакцией журнала);

- название статьи – прописными буквами по центру полужирным шрифтом, размер – 12;

- инициалы и фамилию автора(ов) – по центру полужирным шрифтом, размер (кегель) – 11 (адрес эл.почты авторов, номер орсид, количество авторов не должно превышать 5 человек, к статьям, написанным в рамках проекта, допускаются 6 авторов (для авторов проекта), на имя основного автора проставляется отметка *;

- полное наименование организации, город, страна – по центру, курсив, размер - 11.

- Аннотация на языке оригинала (150-200 слов; сохраняя структуру статьи) размер - 11.

- Ключевые слова (на казахском, русском, английском от 5 до 8 слов/словосочетаний) размер (кегель) - 11.

- Основной текст (12 шрифт, межстрочный интервал - 1, отступ «красной строки» - 1,25 см), структура:

2) Введение: обоснование выбора темы; актуальность темы или проблемы, определение объекта, предмета, целей, задач, методов, подходов, гипотезы и значения работы.

3) Материалы и методы исследования: должны состоять из описания материалов и хода работы, а также полного описания использованных методов.

4) В статье нумеруются только те формулы, на которые есть ссылки в тексте. В ссылках в тексте указывается в квадратных скобках.

5) результаты/обсуждение: приводится анализ и обсуждение полученных результатов исследования.

6) заключение/выводы: обобщение и подведение итогов работы на данном этапе; подтверждение истинности выдвигаемого утверждения, высказанного автором.

Список литературы (размер (кегель) – 11, количество используемой литературы не менее 15). При наличии в списке литературы работ, представленных на кириллице, список литературы должен быть представлен в двух вариантах: первый - в оригинале, второй - в латинизированном алфавите (транслитерация). Список ссылок в статье должен содержать только рецензируемые литературные источники, литературу с индексом DOI. Список латинизированной литературы должен быть подготовлен через сайт <http://www.translit.ru>.

7) Сведения об авторах: (должны содержать ФИО автора (ов), полное наименование организации, город, страна, контактные данные: телефон, эл.почта, номер орсид) на 3-х языках.

8) Статья должна обладать не менее 80% уникальности текста для публикаций. В случае если оригинальность статьи ниже 80%, работа будет возвращена автору для исправления и корректировки. После вторичной проверки статья набирает необходимого показателя в антиплагиат, направляется на рассмотрение редакционной коллегии. Статья, не отвечающая соответствующим требованиям, оригинальность которой, проверена дважды, к публикации не принимается. После положительного отзыва рецензентов, статья принимается для публикации в журнал и автору направляется уведомление об оплате. Автор обязан отправить квитанцию об оплате на электронную почту редакции (khabarshy@korkyt.kz).

Manual for authors of manuscripts

Ready scientific work for publication in the journal «Bulletin of Korkyt Ata Kyzylorda University. The series agricultural sciences» can be submitted by the author (authors) through the system of online submission of articles on the site vestnik.korkyt.kz, using special instructions. The article should be written in Word format in Windows 10 in Times New Roman font (an article not written in accordance with this requirement will not be accepted automatically). Language of publications Kazakh, Russian, English.

Structure and design of the article:

1) The size of the article ranges from 6 to 12 pages at least 6 pages, excluding annotations and bibliography).

- description of the scheme of the article (page - A 4, book orientation, indents are calculated with respect to the left top and bottom sides page margins-2.5 m, with right - 2.0 m, Standard font : type - Times New Roman, size (font) - 12) (Word format on Windows 10 operating system):

- the ISTIR index is the first line at the top left (<http://grnti.ru>).

- DOI index (provided by the editorial office);

- title of article – with capital letters, alignment on the center in bold, size (font) 12.

- initials and last name of author(s) - alignment on the center in bold, size (font) – 11, (e-mail address of the authors, orsid number, the number of authors should not exceed 5 people, 6 authors are allowed to the articles written within the framework of the project (for the authors of the project), a mark is affixed to the name of the main author *;

- the full name of the organization, city, country, alignment on the center, italic, size (font) - 11.

- Annotation in the original language (150-200 words; retaining the structure of the article) size (font) - 11.

- Keywords (in Kazakh, Russian, English from 5 to 8 words/phrases) size (font) - 11.

- Main text (12 font, line spacing - 1, indentation of red line#- 1.25 cm)

- Structure:

2) Introduction: rationale for the selection of the topic; relevance of the topic or problem; definition of the object, subject, objectives, tasks, methods, approaches, hypotheses and meanings of the work.

3) Research materials and methods: should consist of a description of the materials and the progress of work, as well as a full description of the methods used.

4) In the article, only those formulas that are referenced in the text are numbered. References in the text are indicated in square brackets.

5) Results/discussion: an analysis and discussion of the results of the study is given.

6) Conclusion/conclusions: summarizing and summarizing the work at this stage; confirmation of the truth of the assertion put forward by the author.

List of references (size (point size) - 11, the number of used literature is at least 15). If there are works presented in Cyrillic in the list of references, the list of references should be presented in two versions: the first - in the original, the second - in the Latinized alphabet (transliteration). The list of references in the article should contain only peer-reviewed literary sources, literature with a DOI index. The list of romanized literature should be prepared through the site <http://www.translit.ru>.

7) Information about the authors: (should contain the full name of the author (s), full name of the organization, city, country, contact details: telephone, e-mail, orsid number) in 3 languages.

8) The article must have at least 80% uniqueness of the text for publication. If the originality of the article is below 80%, the work will be returned to the author for correction and correction. After a secondary check, the article gains the required indicator in anti-plagiarism, and is sent for consideration by the editorial board. An article that does not meet the relevant requirements, the originality of which is double-checked, is not accepted for publication. After a positive feedback from the reviewers, the article is accepted for publication in the journal and the author is sent a notification of payment. The author is obliged to send a payment receipt to the editorial office by e-mail (khabarshy@korkyt.kz).

МАЗМҰНЫ

КҮРІШ ШАРУАШЫЛЫҒЫ

Қазақстандық Арал өңірінің күріш жүйесі жағдайында қант қызылшасының сорттары мен будандарын экологиялық сынау

Шермагамбетов К., Табынбаева Л.К., Жалбыров А., Байтөреева А.Н., Мусирали А.Е..... 6

ЕГІНШІЛІК ЖӘНЕ ӨСІМДІК ШАРУАШЫЛЫҒЫ

Биогидрогелдің сортаңданған топырақтың агрофизикалық сипаттамасына және ауыл шаруашылығы дақылдарының шығымдылығына әсері – Оңтүстік Қазақстанның суармалы егіншілігі жағдайында

Әбдірайымов Ж.С., Тастанбекова Г.Р., Әзімов А.М., Атемов М.А., Ақбар Ж.Ж., Әбілов А.У 16

Қостанай облысының әртүрлі агроклиматтық аймақтарында жаздық жұмсақ бидай (*triticum aestivum* L.) сорттарының өнімділігі мен бейімделгіштігі

Ансабаева А.С., Исаева Ж.Б., Закиева А.А., Жуматаева Ж.Б., Демесінова А.А..... 26

Көктемгі бидай коллекциясындағы тамырда өну және тұқымның тыныштығы: Қазақстанның әртүрлі жағдайларында өнімділік компоненттерімен байланысы

Амалова А.Ы., Гениевская Ю.А., Ермагамбетова М.М., Чудинов В.А., Турусбеков Е.К..... 37

«ҚАЗЕЖӨШҒЗИ» ЖШС жаздық жемдік дәнді дақылдардың перспективті үлгілерінің зерттеу нәтижелері

Баймуратов А.Ж., Шегебаев Г.О., Сариев Б.С., Абаев С.С..... 55

Жаздық жұмсақ бидай сорттары мен селекциялық желілерінің өнімділік, өзгергіштік және эколо-гиялық тұрақтылығына салыстырмалы сипаттамасы – «Қарабалық АШТС» ЖШС жағдайында

Бодрая М.Ю., Чудинов В.А., Бодрый К.В., Волкова Г.О. 66

Батыс Қазақстанның құрғақ дала аймағындағы көп жылдық шөптердің агрофитоценоздарының азықтық құндылығы

Булеков Т.А., Кузембаев М. О., Бекеев Ж.Г. 78

Батыс Қазақстан жағдайында әртүрлі генотипті жаздық қатты бидай үлгілері дән сапасы көрсеткіштерінің өзгергіштігі

Губашева Б.Е., Цыганков В.И., Булекова А.А., Цыганков А.В., Лиманская В.Б., Цыганкова М.Ю. 90

Түркістан облысының сортаң топырақтары жағдайына арналған жоңышқаның көп орылымды сорттарының селекциясы

Махмаджанов С.П., Абаев С.С., Костаков А.К., Асабаев Б.С., Костак О.А., Махмаджанов Д.С. 101

Солтүстік Қазақстанның далалық жайылымдарының жай-күйі мен өнімділігін мониторингтеу оларды ұтымды пайдаланудың ғылыми негізі ретінде

Муханов Н.К., Серекпаев Н. А., Ногаев А.А., Ускенов Р.Б., Бостанова С.К., Нуркен А.Ж..... 114

Батыс Қазақстан облысында жайылымдарды жер асты суларымен суландыру

Оңаев М.Қ., Ожанов Г.С., Шадьяров Т.М., Денизбаев С.Е., Умбеткалиев Н.М., Әзбергенев Ә.А. 126

Ауыр металдармен ластану жағдайында *Pseudomonas* туысының өсімдіктердің антиоксиданттық жүйесіне әсері

Рамазанова А.А., Ерназарова Г.И., Кабдрахманова С.К., Айсакулова Х.Р., Кулбекова А.А., Тұрсынәлі К. 139

Оңтүстік Қазақстан климатының өзгермелі жағдайындағы қуаңшылыққа төзімді өсімдіктерінің бейімделу әлеуетін зерттеу

Рахманбердиева Ж.Н., Кашкаров А.А., Икрамов И.Ғ., Дуйсенова С.С., Изтлеуова А.Б..... 152

АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ ӨСІМДІКТЕРІН ҚОРҒАУ

Кәдімгі ошаған (*Xanthium Strumarium*) арамшөбінің жекелеген гербицидтер топтарына төзімділігін мониторингтеу және оны еңсерудің ықтималды жолдары

Арыстангулов С.С., Бекежанова М.М., Есимов У.О., Башкараев Н.А., Нурманов Ж.Г., Нысанбаев С.Н.	165

Зиянды карантиндік арамшөп – егістік арамсоюды (<i>cuscuta campestris</i> yunck.) биологиялық бақылаудың перспективалары	
Болтаева Л.А., Рысбекова А.М., Турсунова А.К., Болтаев М.Д., Маулен А.Т., Ермекбаев Б.У.	176

Қызанақтың негізгі зиянкестеріне қарсы биологиялық қорғауда тиімді энтомофагтарды өсірудің заманауи тәсілдері	
Успанов А.М., Мухамадиев Н.С., Чадинова А.М., Мендібаева Г.Ж., Курмангалиева Н.Д., Рысбекова А.М.	187

ТОПЫРАҚТАНУ ЖӘНЕ АГРОХИМИЯ

Гуминді заттардың ауыл шаруашылығындағы қолданылуы: экологиялық қауіпсіздік және қолдану тиімділігі – шолу	
Ерекешова Г.А., Кабдрахманова С.К., Кабдрахманова А.К., Шаймардан Е., Бейсебеков М.М.	199
Жасымық дақылдың перспективті сорттарының өнімділігіне биологиялық тыңайтқыштардың әсері	
Сайкенов Б.Р., Жуматаев М.Е., Жамангараева А.Н., Хидиров К.Р., Сайкенова А.Ж.	224
Ақмола облысының құрғақ дала аймағындағы тыңайған жерлердің кара-қоңыр топырақтарының морфогенетикалық жағдайы және топырақ профилінің қалпына келу дәрежесі	
Жетібайқызы Н., Кенжегулова С.О., Серекпаев Н.А., Ногаев А.А., Муханов Н.К.	241

МАЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ ЖӘНЕ ВЕТЕРИНАРИЯ

Жануарлардағы эмфизематозды карбунгулдың серологиялық диагностикасына арналған латекс антигені	
Абуталип А., Касенов М.М., Нурпейсова А.С., Бижанов А.Б., Шакибасов Е., Макулбеков Е.	256
Сүтті бағыттағы Заанен ешкі төлдерін өсіру әдістері	
Қадыкен Р., Баймәжі Е.Б., Жумагалиева Г.М., Сансызбаева Б.Қ.	268
Қазақстанның әртүрлі қой тұқымдарында VRTN гені полиморфизмінің кеуде және бел омыртқалары санының вариациясымен байланысы	
Малмаков Н.И., Мусаева А.С., Арынгазиев Б.С., Омашев К.Б., Бекитаева А.К., Кожаметова Д.Д.	277

АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ ӨНІМДЕРІН ҚАЙТА ӨНДЕУ

Дәстүрлі емес өсімдік шикізатты қолдану арқылы салқынды сусындарды әзірлеудің ғылыми негіздемесі	
Кизатова М.Ж., Таутаева А.Т.	295

БАҚ ШАРУАШЫЛЫҒЫ

Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы интродукцияланған жүзім сорттарының агробиологиялық бағалауы және өнімділігі	
Айтенев А.А., Тәуірбаева Ж.Т., Оңғар А.Н., Қазыбаева С.Ж., Ажитаева Л.А.	309

АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫН МЕХАНИКАЛАНДЫРУ

Мал шаруашылығы нысандарының микроклимат жүйелеріне арналған топырақтың температуралық өрісін математикалық модельдеу және верификациялау	
Байболов А.Е., Ахметканова Г.А., Әлібек Н.Б., Шымыр Ж., Даскалов П.	318

СОДЕРЖАНИЕ

РИСОВОДСТВО

Экологическое сортоиспытание сортов и гибридов сахарной свеклы в условиях рисовой системы Казахстанского Приаралья Шермагамбетов К., Табынбаева Л.К., Жалбыров А., Байтореева А.Н., Мусирали А.Е.	6

РАСТЕНИЕВОДСТВО И ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

Влияние биогидрогеля на агрофизические характеристики засоленных почв и урожайность сельскохозяйственных культур в условиях орошаемого земледелия южного Казахстана Абдраимов Ж.С., Тастанбекова Г.Р., Азимов А.М., Атемов М.А., Акбар Ж.Ж., Абилов А.У.	16
Продуктивность и адаптивность сортов яровой мягкой пшеницы (<i>Triticum Aestivum</i> L.) в различных агроклиматических зонах Костанайской области Ансбаева А.С., Исаева Ж.Б., Закиева А.А., Жуматаева Ж.Б., Демесинова А.А.	26
Прорастание на корню и покой семян в коллекции яровой пшеницы: взаимосвязь с компонентами урожайности в контрастных условиях Казахстана Амалова А.Ы., Гениевская Ю.А., Ермагамбетова М.М., Чудинов В.А., Турусбеков Е.К.....	37
Результаты изучения перспективных номеров зернофуражных культур в ТОО «КАЗНИИЗИР» Баймуратов А.Ж., Шегебаев Г.О., Сариев Б.С., Абаев С.С.	55
Сравнительная характеристика сортов и селекционных линий яровой мягкой пшеницы по урожайности, изменчивости и экологической стабильности в условиях ТОО «Карабалыкская СХОС» Бодрая М.Ю., Чудинов В.А., Бодрый К.В., Волкова Г.О.	66
Кормовая ценность агрофитоценозов многолетних трав сухостепной зоны западного Казахстана Булеков Т.А., Кузембаев М. О., Бекеев Ж.Г.	78
Вариация качественных характеристик зерна образцов яровой твердой пшеницы разных генотипов в западном Казахстане Губашева Б.Е., Цыганков В.И., Булекова А.А., Цыганков А.В., Лиманская В.Б., Цыганкова М.Ю.	90
Селекция многоукосных сортов люцерны для условий засоленных почв Туркестанской области Махмаджанов С.П., Абаев С.С., Костаков А.К., Асабаев Б.С., Костак О.А., Махмаджанов Д.С.	101
Мониторинг состояния и продуктивности степных пастбищ северного Казахстана как основа их рационального использования Муханов Н.К., Серекпаев Н. А., Ногаев А.А., Ускенов Р.Б., Бостанова С.К., Нуркен А.Ж... Онаев М.Қ., Ожанов Г.С., Шадьяров Т.М., Денизбаев С.Е., Умбеткалиев Н.М., Эзбергенев Э.А.	114
Обводнение пастбищ подземными водами в Западно-Казахстанской области Влияние бактерий рода <i>Pseudomonas</i> на антиоксидантную систему растений в условиях загрязнения тяжелыми металлами Рамазанова А.А., Ерназарова Г.И., Кабдрахманова С.К., Айсакулова Х.Р., Кулбекова А.А., Тұрсынәлі К.	139
Изучение адаптационного потенциала засухоустойчивых растений в условиях изменения климата Южного Казахстана Рахманбердиева Ж.Н., Кашкаров А.А., Икрамов И.Ф., Дуйсенова С.С., Изтлеуова А.Б.	152

ЗАЩИТА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

Мониторинг резистентности дурнишника обыкновенного (<i>Xanthium Strumarium</i>) к отдельным группам гербицидов и возможные пути ее преодоления Арыстангулов С.С., Бекежанова М.М., Есимов У.О., Башкараев Н.А., Нурманов Ж.Г.,	

Нысанбаев С.Н.	165
Перспективы для биологического контроля злостного карантинного сорняка – повилики полевой (<i>Cuscuta Campestris</i> Yunck.)	
Болтаева Л.А., Рысбекова А.М., Турсунова А.К., Болтаев М.Д., Маулен А.Т., Ермакбаев Б.У.	176
Современные методы разведения эффективных энтомофагов в биологической защите основных вредителей томата	
Успанов А.М., Мухамадиев Н.С., Чадинова А.М., Мендібаева Г.Ж., Курмангалиева Н.Д., Рысбекова А.М.	187

ПОЧВОВЕДЕНИЕ И АГРОХИМИЯ

Гуминовые вещества в сельском хозяйстве: экологическая безопасность и эффективность применения – обзор	
Ерекешова Г.А., Кабдрахманова С.К., Кабдрахманова А.К., Шаймардан Е., Бейсебеков М.М.	199
Влияние микроудобрений на урожайность перспективных сортов чечевицы	
Сайкенов Б.Р., Жуматаев М.Е., Жамангараева А.Н., Хидиров К.Р., Сайкенова А.Ж.	224
Морфогенетическое состояние тёмно-каштановых почв залежи Акмолинской области и степень восстановления почвенного профиля	
Жетібайқызы Н., Кенжегулова С.О., Серекпаев Н.А., Ногаев А.А., Муханов Н.К	241

ЖИВОТНОВОДСТВО И ВЕТЕРИНАРИЯ

Латекс антиген для серологической диагностики эмфизематозного карбункула животных	
Абуталип А., Касенов М.М., Нурпейсова А.С., Бижанов А.Б., Шакибасов Е., Макулбеков Е.	256
Методы выращивания молодняка зааненских коз молочного направления	
Кадыкен Р., Баймажы Е.Б., Жумагалиева Г.М., Сансызбаева Б.Қ.	268
Полиморфизм гена VRTN и его связь с вариацией числа грудных и поясничных позвонков у овец различных пород Казахстана	
Малмаков Н.И., Мусаева А.С., Арынгазиев Б.С., Омашев К.Б., Бекитаева А.К., Кожахметова Д.Д.	277

PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS

Научное обоснование создания функциональных безалкогольных напитков с применением нетрадиционного растительного сырья	
Кизатова М.Ж., Таутаева А.Т.	295

САДОВОДСТВО

Агробиологическая оценка и продуктивность интродуцированных сортов винограда в условиях юго-востока Казахстана	
Айтенов А.А., Тәуірбаева Ж.Т., Онгар А.Н., Казыбаева С.Ж., Ажитаева Л.А.	309

МЕХАНИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Математическое моделирование и верификация температурного поля грунта для систем микроклимата животноводческих помещений	
Байболов А.Е., Ахметканова Г.А., Әлібек Н.Б., Шымыр Ж., Даскалов П.	318

CONTENT

RICE CULTIVATION

Ecological variety testing of sugar beet varieties and hybrids in the conditions of the rice system of the Kazakhstan Aral sea region

Shermagambetov K., Tabynbaeva L.K., Zhalbyrov A., Baitoreyeva A.N., Musirali A.E. 6

PLANT GROWING AND AGRICULTURE

Effect of biohydrogel on agrophysical characteristics of saline soils and crop yields in conditions of irrigated agriculture of southern Kazakhstan

Abdraimov J.S., Tastanbekova G.R., Azimov A.M., Atemov M.A., Akbar J.J., Abilov A.U..... 16

Productivity and adaptability of spring bread wheat (*triticum aestivum* L.) varieties in different agro-climatic zones of Kostanay region

Ansabayeva A.S., Issayeva Zh.B., Zakieva A.A., Zhumatayeva Zh.B., Demessinova A.A. 26

Pre-harvest sprouting and seed dormancy in spring wheat collection: relationships with yield components under contrasting environments in Kazakhstan

Amalova A.Y., Genievskaia Y.A., Yermagambetova M.M., Chudinov V.A., Turuspekov Y.K..... 37

Research results of prospective models of summer forage crop production by LLP "KazRIAPG"

Baimuratov A. Zh., Shegebayev G.O., Sariev B. S., Abaev S.S..... 55

Comparative characteristics of spring bread wheat varieties and breeding lines in terms of yield, variability, and ecological stability under the conditions of LLP "Karabalyk agricultural experiment station"

Bodraya M.Yu., Chudinov V.A., Bodry K.V., Volkova G.O..... 66

Food value of agrophytocoenoses of perennial grasses in the dry steppe zone of western Kazakhstan

Bulekov T.A., Kuzembaev M.O., Bekeev J.G..... 78

Variation in grain quality traits of spring durum wheat genotypes in Western Kazakhstan

Gubasheva B.E., Tsygankov V.I., Bulekova A.A., Tsygankov A.V., Limanskaya V.B., Tsygankova M. Yu. 90

Breeding of multi-cut alfalfa varieties for saline soil conditions of the Turkestan region

Makhmadzhanov S.P., Abayev S.S., Kostakov A.K., Asabayev B.S., Kostak O.A., Makhmadzhanov D.S. 101

Monitoring of the condition and productivity of steppe pastures in northern Kazakhstan as a basis for their sustainable use

Mukhanov N.K., Serekpaev N.A., Nogayev A.A., Uskenov R.B., Bostanova S.K., Nurken A. Zh..... 114

Pastures with groundwater in the west Kazakhstan region

Ongayev M.K., Ozhanov G.S., Shadyarov T.M., Denizbayev S.E., Umbetkaliyev N.M., Azbergenov A.A. 126

The effect of *Pseudomonas* bacteria on the antioxidant system of plants under conditions of heavy metal contamination

Ramazanova A.A., Yernazarova G.I. Kabdrakhmanova S.K., Aisakulova Kh.R., Kulbekova A.A., Tursynali K..... 139

Study of the adaptation potential of drought-tolerant plants under climate change in southern Kazakhstan

Rakhmanberdieva Zh.N., Kashkarov A.A., Ikramov I.G., Duysenova S.S., Iztleuova A.B. 152

PROTECTION OF AGRICULTURAL PLANTS

Monitoring of resistance of common cocklebur (*xanthium strumarium*) to specific groups of herbicides and possible ways to overcome it

Arystangulov S., Bekezhanova M., Yessimov U., Bashkarayev N., Nurmanov Zh., Nyssanbayev S..... 165

Prospects for the biological control of the noxious quarantine weed field dodder (<i>Cuscuta Campestris</i> Yunc.)	
Boltayeva L.A., Rysbekova A.M., Tursunova A.K., Boltayev M.D., Maulen A.T., Yermekbayev B.U.....	177

Modern methods for mass rearing effective entomophages in the biological control of major tomato pests	
Uspanov A.M., Mukhamadiyev N.S., Chadinova A.M. Mendibayeva G.Zh., Kurmangaliyeva N.D., Rysbekova A.M.....	187

SOIL SCIENCE AND AGROCHEMISTRY

Humic substances in agriculture: environmental safety and application efficiency—a review	
Yerekeshova G.A., Kabdrakhmanova S.K., Kabdrakhmanova A.K., Shaimardan E., Beisebekov M.M...	199
The effect of microfertilizers on the yield of promising lentil varieties	
Saikenov B.R., Zhumataev M.E., Zhamangaraeva A.N., Khidirov K.R., Saikenova A.Zh.....	224
Morphogenetic state of dark chestnut fallow soils of akmola region and the degree of soil profile recovery	
Zhetibaykyzy N., Kenzhegulova S.O., Mukhanov N.K., Nogaev A.A., Serekpayev N.A.....	241

ANIMAL HUSBANDRY AND VETERINARY

Latex antigen for serologic diagnosis of emphysematous carbuncle in animals	
Abutalip A., Kassenov M.M., Nurpeisova A.S., Bizhanov A.B., Shakibasov E.B., Makulbekov E.....	256
Methods of breeding zaanen goats for dairy production	
Kadyken R., Baymazhi E.B., Zhumagaliyeva G.M., Sansyzbaev B.K.....	268
Polymorphism of the vrtn gene and its association with variation in the number of thoracic and lumbar vertebrae in sheep of different breeds in Kazakhstan	
Malmakov N.I., Musaeva A.S., Aryngaziev B.S., Omashev K.B., Bekitaeva A.K., Kozhakhmetova D.D.	277

PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS

Scientific substantiation for the development of non-alcoholic beverages using non-traditional plant raw materials	
Kizatova M. Zh., Tautayeva A.T.....	295

GARDENING

Agrobiological evaluation and productivity of introduced grape varieties under the conditions of southeastern Kazakhstan	
Aytenov A.A., Taurbayeva Zh.T., Ongar A.N., Kazybayeva S.Zh., Azhitayeva L.A.....	309

AGRICULTURAL MECHANIZATION

Mathematical modeling and verification of the soil temperature field for livestock building microclimate systems	
Baibolov A.E., Akhmetkanova G.A., Alibek N.B., Shymyr Zh., Daskalov P.....	318

Қорқыт Ата атындағы
Қызылорда университетінің
ХАБАРШЫСЫ.
Ауыл шаруашылығы ғылымдары
сериясы

ВЕСТНИК
Кызылординского университета
имени Коркыт Ата. Серия
сельскохозяйственных наук

BULLETIN
of the Korkyt Ata Kyzylorda
University. The series agricultural
sciences

1999 жылғы наурыздан бастап шығады
Издается с марта 1999 года
Published since March 1999

Жылына төрт рет шығады
Издается четыре раза в год
Issued quarterly

Редакция мекен-жайы: 120014,
Қызылорда қаласы, Әйтеке би
көшесі, 29 «А», Қорқыт Ата
атындағы Қызылорда
университеті
Телефон: (7242) 27-60-27
Факс: 26-27-14
E-mail: khabarshy@korkyt.kz

Адрес редакции: 120014, город
Кызылорда,
ул. Айтеке би, 29 «А»,
Кызылординский университет
им. Коркыт Ата
Телефон: (7242) 27-60-27
Факс: 26-27-14
E-mail: khabarshy@korkyt.kz

Address of edition: 120014,
Kyzylorda city, 29 «A» Aiteke
bie str.,
Korkyt Ata Kyzylorda University
Tel: (7242) 27-60-27
Fax: 26-27-14
E-mail: khabarshy@korkyt.kz

Құрылтайшысы: Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті
Учредитель: Кызылординский университет им. Коркыт Ата Founder: Korkyt Ata Kyzylorda University

Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық келісім министрлігі берген бұқаралық
ақпарат құралын есепке алу куәлігі
алғашқы тіркеу № KZ KZ16VPY00067253 31-наурыз, 2023 ж.
қайта тіркеу № KZ65VPY00097023 17-шілде, 2024 ж.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации, выданное
Министерством информации и общественного развития Республики Казахстан
первичная регистрация № KZ KZ16VPY00067253 31-марта, 2023 г.
перерегистрация № KZ65VPY00097023 17-июля, 2024 г.

Техникалық редакторы: Абуова Н.А.
Компьютерде беттеген: Махашов А.А.

Теруге 15.06.2026 ж. жіберілді. Басуға 22.06.2026 ж. қол қойылды.
Форматы 60 × 841/8. Көлемі 21,2 шартты баспа табақ. Индекс 76214.
Таралымы 50 дана. Тапсырыс 0233. Бағасы келісім бойынша.

Сдано в набор 15.06.2026 г. Подписано в печать 22.06.2026 г.
Формат 60 × 841/8. Объем 21,2 усл. печ. л. Индекс 76214.
Тираж 50 экз. Заказ 0233. Цена договорная.

Жарияланған мақала авторларының пікірі редакция көзқарасын білдірмейді. Мақала
мазмұнына автор жауап береді. Қолжазбалар өңделеді және авторға қайтарылмайды. Журналда
жарияланған материалдарды сілтемесіз көшіріп басуға болмайды.

Опубликованные статьи не отражают точку зрения редакции. Автор несет
ответственность за содержание статьи. Рукописи редактируются и авторам не возвращаются.
Материалы, опубликованные в журнале не могут быть воспроизведены без ссылки.

The published articles do not reflect the editorial opinion. The author is responsible for the
content of the article. Manuscripts are edited and are not returned the authors. Materials published in
the journal can not be republished without reference.

Университет баспасы, 120014, Қызылорда қаласы, Әйтеке би көшесі, 29А.