



ISSN 1999-740X (Print)
ISSN 2959-3433 (Online)
№ 2 (74) июнь 2026

ПОЧВОВЕДЕНИЕ И АГРОХИМИЯ



Алматы

*Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан
НАО «Национальный аграрный научно-образовательный центр»
ТОО «Казахский НИИ почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова»
НАО «Национальная академия наук Республики Казахстан
при президенте Республики Казахстан»*

ПОЧВОВЕДЕНИЕ И АГРОХИМИЯ

№ 2 (74) ИЮНЬ 2026

*Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан
НАО «Национальный аграрный научно-образовательный центр»
ТОО «Казахский НИИ почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова»
НАО «Национальная академия наук Республики Казахстан
при президенте Республики Казахстан»*

ПОЧВОВЕДЕНИЕ И АГРОХИМИЯ

№ 2 (74) июнь 2026

Основан в 2007 г. Выходит 4 раза в год
ISSN 1999-740X (Print); ISSN 2959-3433 (Online)

Главный редактор
Б.У. Сулейменов

Редакционная коллегия:

*Р.Х. Рамазанова (заместитель главного редактора),
М.А. Ибраева (ответственный секретарь),
Георг Гуггенбергер (Германия), А.В. Козлов (Россия),
М.Г. Мустафаев (Азербайджан), М.В. Филипова (Болгария),
Б.М. Амиров, Б.Н. Насиев, Г.А. Сапаров,
М.Т. Егізтай (компьютерная верстка)*

Журнал входит в Перечень изданий, рекомендуемых Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан для публикации основных результатов научной деятельности. Приказ №152 от 01 марта 2023 г.

Зарегистрирован в Министерстве культуры и информации Республики Казахстан. Свидетельство о регистрации № 8457 ЭК от 18.06.2007 г. и перерегистрации № 9898-Ж от 11.02.2009 г.

Входит в Казахстанскую базу цитирования (КазБЦ) и Российскую базу данных научного цитирования (РИНЦ). Размещен в научной электронной библиотеке <https://elibrary.ru>, электронной библиотеке <https://cyberleninka.ru>

Сайт журнала: <https://journal.soil.kz/jour>

С целью объединения усилий, продвижения и популяризации результатов научных изысканий казахстанских ученых в мировом сообществе ТОО «Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии имени У.У.Успанова» совместно с НАО «Национальная академия наук Республики Казахстан при Президенте Республики Казахстан» издает научный журнал «Почвоведение и агрохимия».

Адрес редакции: 050060, Алматы, улица Байрақ, 10

©Казахский НИИ почвоведения и агрохимии имени У.У. Успанова, 2008

СОДЕРЖАНИЕ

Генезис почв

- К.М. Пачикин, А.К. Ершибулов, Е.Е. Сонгулов, А. Серикпай** Трансформация пахотных почв Жамбылской области под влиянием сельскохозяйственного использования.....5

Экология почв

- К. Kulymbet, M. Toktar, D. Rashiduly** Associations among texture, bulk density and soil moisture during post-mining soil recovery in semi-arid conditions22

Агрохимия

- Б.М. Амиров, С.О. Базарбаев, О.С. Жандыбаев** Моделирование влияния минеральных удобрений на формирование силосной биомассы кукурузы в условиях засоленных почв юга Казахстана35

- А.М. Балгабаев, А.Х. Наушабаев, А.М. Шибикеева, К.О. Караева, Г.О. Бейсенова** Ақдала күріш өсіру алқабының күрішті-батпақты топырақтарының химиялық және физика-химиялық құрамының деградацияға ұшырауы және олардың құнарлылығын қалпына келтіру жолдары49

- К. Конысбеков, Л.К. Табынбаева, С.С. Калиева** Влияние различных доз удобрений на продуктивность маточной свеклы летнего посева в условиях юго-востока Казахстана61

- Yu.V. Tulayev, S.V. Somova, S.A. Tulkubayeva, A.B. Abuova, Zh.O. Oshakbayeva, E. Saljnikov** Study of the soil water and nutrient regime in the cultivation of spring wheat using conservation technology in a grain-fallow crop rotation on southern chernozems of the Kostanay Region.....72

Обзорная статья

- А. Ысқақ, К.А. Казбекова, Г.Н. Дәулеткелді, С.А. Дарибаева** Қазақстанның топырақ ресурстарын қорғауды қамтамасыз ететін физика-химиялық талаптар83

Молодые ученые

- T. Ahadov** Agrochemical properties and fertility potential of mountain-forest soils in the Lankaran-Astara region supporting persian ironwood (*Parrotia persica*) and caspian locust (*Gleditsia caspica*)96

Информация

- 28 мая 2026 г. в Казахском научно-исследовательском институте почвоведения и агрохимии имени У.У. Успанова проведено секционное заседание «Устойчивое управление природными ресурсами и экологическая безопасность»108

CONTENT

Soil genesis

- K.M. Pachikin, A.K. Yershbulov, E.E. Songulov, A. Serikpai** Transformation of arable soils of Zhambyl region under the influence of agricultural use5

Soil ecology

- K. Kulymbet, M. Toktar, D. Rashiduly** Associations among texture, bulk density and soil moisture during post-mining soil recovery in semi-arid conditions.....22

Agrochemistry

- B.M. Amirov, S.O. Bazarbaev, O. Zhandybaev** Modeling the effect of mineral fertilizers on maize silage biomass formation under saline soil conditions in southern Kazakhstan.....35

- A.M. Balgabaev, A.H. Naushabaev, A.M. Shibikeyeva, K.O. Karaeva, G.O. Bejsenova** Degradation of chemical and physico-chemical composition of rice-paddy soils in the akdala rice-growing massif and ways to restore their fertility49

- K. Konysbekov, L.K. Tabynbayeva, S.S. Kalieva** The effect of different doses of fertilizers on the productivity of royal beets of summer sowing in the conditions of the South-East of Kazakhstan.....61

- Yu.V. Tulayev, S.V. Somova, S.A. Tulkubayeva, A.B. Abuova, Zh.O. Oshakbayeva, E. Saljnikov** Study of the soil water and nutrient regime in the cultivation of spring wheat using conservation technology in a grain-fallow crop rotation on southern chernozems of the Kostanay Region72

Review

- A. Yskak, K.A. Kazbekova, G.N. Dauletkeidi, S.A. Daribayeva** Physico-chemical requirements ensuring the protection of soil resources in Kazakhstan83

Young scientists

- T. Ahadov** Agrochemical properties and fertility potential of mountain-forest soils in the Lankaran-Astara region supporting persian ironwood (*Parrotia persica*) and caspian locust (*Gleditsia caspica*).....96

Information

- On May 28, 2026, a breakout session "Sustainable management of natural resources and environmental safety" was held at the U. Uspanov Kazakh Research Institute of Soil Science and Agrochemistry 108

ГЕНЕЗИС ПОЧВ

ГРНТИ 68.05.37

DOI:10.51886/1999-740X_2026_2_5

К.М. Пачикин^{1*}, А.К. Ершибулов¹, Е.Е. Сонгулов¹, А. Серикпай¹**ТРАНСФОРМАЦИЯ ПАХОТНЫХ ПОЧВ ЖАМБЫЛСКОЙ ОБЛАСТИ ПОД ВЛИЯНИЕМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

¹Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии
имени У.У. Успанова, 050060, Алматы, ул. Байрак, 10, Казахстан,

*e-mail: kpachikin@yahoo.com

Аннотация. Целью исследований является изучение изменения морфологических, физико-химических свойств орошаемых и богарных почв разных типов на предгорных равнинах Жамбылской области в условиях их интенсивного использования с выявлением основных факторов, приводящих к их трансформации. Объектом исследования являются почвы Жамбылской области, подвергающиеся антропогенной трансформации в условиях сельскохозяйственного использования. На основе сравнительного анализа парных разрезов целинных и пахотных земель выполнено исследование агрохимических и физико-химических показателей для каштановых, серозёмных, луговых и лугово-серозёмных почв. Установлено, что деградация имеет комплексный характер и выражается в дегумификации, снижении содержания подвижного фосфора и калия, изменении кислотно-щелочного режима. Наиболее интенсивные процессы деградации зафиксированы в каштановых и серозёмных почвах, где потери гумуса достигают 50–55%, а фосфора - 30–35%. В луговых и пойменно-луговых почвах наблюдается осолонцевание.

Ключевые слова: почва, земельные ресурсы, деградация почв, плодородие почв.

ВВЕДЕНИЕ

Деградация почв представляет собой одну из наиболее серьёзных угроз устойчивому развитию сельского хозяйства и продовольственной безопасности в условиях усиливающегося антропогенного давления и изменения климата. По данным международных оценок, ежегодно в мире деградирует около 1 млн км² земель, что приводит к утрате плодородия, снижению урожайности и обострению социально-экономических рисков для аграрных регионов [1]. Казахстан, расположенный в аридной зоне, относится к числу стран, где процессы деградации приобрели особо масштабный характер: более 75% пахотных земель республики подвержено различным формам деградации - эрозии, засолению, дегумификации и истощению питательных веществ [2].

Причинами деградации почв являются несбалансированное землепользование, чрезмерная распашка без восстановления органического вещества,

нарушения агротехники на склонах, а также вторичное засоление, возникающее вследствие неэффективного дренажа и переувлажнения на орошаемых землях [3]. Существенную роль играет и изменение климата, проявляющееся в увеличении частоты засух, снижении осадков и росте среднегодовых температур, что усиливает эрозионные и дефляционные процессы [4, 5].

Жамбылская область, расположенная в южной части Казахстана, относится к числу регионов, где совокупное воздействие природных и антропогенных факторов приводит к быстрому ухудшению состояния почвенного покрова. Исследования Карпенко Н.П. и соавт. [6] показывают, что в пределах региона активно развиваются процессы дегумификации и засоления серозёмно-луговых почв, что сопровождается снижением содержания гумуса и ухудшением структуры верхнего горизонта. По данным Закон Online [7], в области отмечается увеличение площадей вторично

засолённых земель, а сотни тысяч гектаров пашни уже переведены в категорию непригодных для сельскохозяйственного использования.

Кроме того, в районах Мойынкум и Шу наблюдается активное продвижение песков, сопровождающееся утратой растительного покрова и риском опустынивания, что стало стимулом для реализации региональных программ лесоразведения, включающих посадку саксаула и других ксерофитных пород [8]. Исследования Кирейчевой Л.В. и Сейтказиева А.С. [9] подтвердили, что на орошаемых землях региона происходят изменения водно-солевого режима и снижение продуктивности вследствие сочетания природных и антропогенных факторов.

Деграционные процессы в почвах Жамбылской области проявляются в нескольких взаимосвязанных формах: эрозия (водная и ветровая), вызывающая смыв верхнего слоя и снижение влагоёмкости; дегумификация, приводящая к уплотнению почв и падению микробиологической активности; засоление, сопровождающееся нарушением структуры и ухудшением водопроницаемости; – истощение питательных элементов, возникающее при длительном использовании монокультур и недостаточном внесении удобрений [9,10].

Последствия деградации для сельского хозяйства региона проявляются в снижении урожайности зерновых и кормовых культур, расширении площадей солончаков и забрасывании земель [11]. В совокупности это ведёт к ухудшению агроэкологической устойчивости и росту социально-экономических рисков.

Таким образом, актуальность исследования деградации почв Жамбылской области определяется необходимостью научного обоснования процессов их изменения под воздействием природно-антропогенных факторов и разработки мер по восстановлению

плодородия. Проведение анализа основных факторов и механизмов деградации пахотных почв Жамбылской области, оценка их современного состояния позволит определить направления их восстановления с учётом региональных природно-климатических условий.

Решение поставленных задач позволит уточнить степень воздействия антропогенных нагрузок на почвенный покров региона и предложить меры по стабилизации агроландшафтов, что имеет важное значение для устойчивого земледелия и охраны почвенных ресурсов Казахстана [12, 13].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования являются почвы Жамбылской области, подвергающиеся антропогенной трансформации в условиях сельскохозяйственного использования.

При изучении факторов антропогенного воздействия на почвы необходимо знать их влияние по всей исследуемой территории. Поэтому применен универсальный сравнительно-географический метод исследований, позволяющий выявить изменения свойств почв во взаимосвязи с основными природными факторами почвообразования. Работами по изучению антропогенной трансформации почв охвачены все основные ландшафты орошаемых и богарных земель.

Для выявления степени изменения почв в результате хозяйственной деятельности закладывались парные разрезы на нарушенных и ненарушенных участках, идентичные по условиям залегания. При заложении почвенных разрезов описаны морфологические свойства почв, отобраны образцы по генетическим горизонтам. Всего заложено 20 почвенных разрезов (10 пар) целинных и пахотных почв: тёмно-каштановые нормальные, тёмно-каштановые глубоковскипающие, светло-каштановые карбонатные, серозёмы обыкновенные, серозёмы обыкновен-

ные ксероморфные, серозёмы светлые нормальные, лугово-серозёмные, луговые, пойменные луговые. Расположение почвенных разрезов показано на рисунке 1.

Оценка изменений проводилась на основе данных анализов следующих физико-химических свойств почв: гумус, по И.В. Тюрину; общий азот, по И.Г. Кьельдалю; CO₂ карбонатов, объемным методом; рН, потенциометрическим методом; обменные катионы Са, Mg, Na, K; подвижный (гидролизуемый) азот, по Тюрину; подвижные фосфор и калий, по Мачигину; гранулометрический состав, по Качинскому; состав солей (водная вытяжка) [14, 15].

В качестве первичной (исходной) информации привлекались материалы предыдущих лет исследований, прове-

денных в Институте почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова, а также данные из литературных источников.

Основной концепцией, определяющей методы получения фактического материала, а также его обработки является генетический подход [16, 17]. В основу исследований положен сравнительно-географический метод [18].

На этапе проведения маршрутных полевых исследований (2025 год) применялись морфологические методы [19], обеспечивающие достоверность и обоснованность полевой диагностики почв.

Применение инструментальных методов связано с лабораторными аналитическими исследованиями отобранных образцов, которые проводились по общепринятым методикам.



Рисунок 1 – Расположение почвенных разрезов

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Характеристика почв

Тёмно-каштановые почвы широко распространены на предгорных равнинах Киргизского, Таласского Алатау, Чу-Илийских гор и хр. Каратау. В зависимости от особенностей почвообразующих пород и условий увлажнения, определяющих относительную глубину залегания карбонатов, среди тёмно-каштановых почв выделяются генетические роды нормальных, карбонатных, глубоковскипающих, ксероморфных, малоразвитых и эродированных.

Почвообразующими породами являются лессовидные суглинки, а также элювиально-делювиальные отложения различной степени каменистости.

В своем развитии тёмно-каштановые почвы связаны с растительностью преимущественно кустарниковых (спирея - *Spiraea hypericifolia*, шиповник - *Rosa canina* и др.) ковыльно-типчачковых (ковыль - *Stipa capillata*, типчак - *Festuca valesiaca*), типчачково-ковыльных, обычно саванноидных ассоциаций с немногочисленным разнотравьем (чабрец - *Thymus marschallianus*, подмаренник -

Galium verum, лапчатка - *Potentilla argentea*, герань - *Geranium collinum*, лютик едкий - *Ranunculus acris* и полынь - *Artemisia* spp.).

Карбонатные тёмно-каштановые почвы формируются в основном в условиях холмисто-волнистого, увалисто-волнистого рельефа на тяжелых лёссовидных суглинках, нормальные и выщелоченные почвы связаны преимущественно с горным рельефом.

Тёмно-каштановые почвы имеют среднемощный гумусовый горизонт (A+B=45-55 см), сверху выделяется буровато-серый гумусово-аккумулятивный горизонт (A=18-22 см), корешковатый, пылевато-пороховидной или пылевато-комковатой структуры, среднесуглинистый, с тёмновато-серой дерниной (A_{1A}=7-8 см). Глубже он сменяется более светлым (серовато-бурый, каштановым), менее корешковатым переходным гумусовым горизонтом (B=25-35 см). Ниже часто располагается маломощный серовато-светло-бурый промежуточный горизонт (BC=10-15 см). У карбонатных и нормальных почв под ним обычно залегает белёсый, белёсовато-желтобурый, кремовый, плотный ореховатый тяжелосуглинистый карбонатно-иллювиальный горизонт (C^к), глубже переходящий в менее окарибаченную лёссовидную породу (иногда с выделениями гипса в виде среднечисленных белых или грязновато-бурых кристаллических конкреций) или в щебнистый рыхляк плотных пород (DC^ш). Карбонатные образования представлены в виде корочек и налетов на нижних поверхностях щебня с глубины вскипания, а также в виде расплывчатых белесоватых пятен в горизонтах BC и C^к.

Содержание гумуса в верхних горизонтах тёмно-каштановых почв достигает 4-5%, валового азота - 0,2-0,4%. Отношение органического углерода к азоту составляет 8-11, постепенно суживается вниз по профилю. Сумма обменных оснований достигает 25-

30 мг-экв на 100 г почвы. Почвенный поглощающий комплекс насыщен в основном кальцием, частично магнием. Почвы достаточно хорошо обеспечены усвояемыми формами азота (до 100-120 мг на 100 г почвы), калия (до 300-480 мг на 100 г почвы) и фосфора (до 6-10 мг на 100 г почвы). Реакция почвенных суспензий нейтральная и слабощелочная в верхних горизонтах, щелочная - в карбонатных. По механическому составу почвы преимущественно средне- и тяжелосуглинистые.

Светло-каштановые почвы располагаются в пределах предгорной пустынно-степной зоны на высотах 800-900 м н.у.м. Почвообразующими породами служат в основном элювиально-делювиальные маломощные суглинисто-щебнистые отложения и лёссовидные суглинки. Преобладают нормальные и карбонатные роды.

Преобладающими ассоциациями в растительном покрове светло-каштановых почв являются полынно-ковыльно-типчачковые (*Artemisia* spp. - *Stipa capillata* - *Festuca valesiaca*), полынно-эфемероидно-типчачковые и полынно-типчачково-эфемероидные сообщества.

Мощность гумусового горизонта светло-каштановых карбонатных почв составляет в среднем 42-48 см. Сверху выделяется интенсивно-серый, слегка буроватый, комковато-пороховидный (A_{1d}=6-8 см), ниже буровато-серый, пылевато-комковатый среднесуглинистый гумусово-аккумулятивный горизонт (A=26-20 см). Глубже залегает серовато-бурый, комковато-пылеватый среднесуглинистый переходный гумусовый горизонт (B=27-33 см). Ниже он переходит сначала в серовато-бурый комковато-глыбковый горизонт (BC^к), а затем (65-85 см) - в палево-светло-бурый карбонатно-ореховатый уплотненный тяжелосуглинистый карбонатный горизонт (C^к), который подстилается (90-120 см) желтовато-светло-бурый, менее уплотненным, комковато-

глыбковым тяжелым лёссовидным суглинком, часто со среднечисленными среднекристаллическими буроватыми друзами и редкими белыми мелкокристаллическими жилками и крапинками гипса. Почвы вскипают с поверхности или с глубины 3-6 см. Выделения карбонатов отмечены в виде слабо заметных расплывчатых белесых пятен в гор. Ск, а также иногда в виде редких белых жилок псевдомицелия у кротовин.

Светло-каштановые почвы в верхнем горизонте содержат 2,8-4,0% гумуса, 0,2-0,3% валового азота. Отношение C/N достигает 8-9 с уменьшением вниз по профилю до 5-6. Сумма поглощённых оснований верхних горизонтов составляет 22-27 мг-экв на 100 г почвы; в составе катионов преобладает кальций, отчасти магний. Реакция среды от нейтральной до щелочной (рН=7,0-8,7). По гранулометрическому составу преобладают среднесуглинистые разновидности.

Серозёмы северные. В Жамбылской области серозёмы занимают среднюю и нижнюю часть предгорных равнин хребтов Киргизский, Таласский Алатау, Чу-Илийских гор и образуют самостоятельную зону, представляющую собой нижнюю ступень в системе вертикальной зональности. Они залегают в пределах абсолютных высот от 400 (500) до 800 (1000) м.

Серозёмы северные обыкновенные занимают верхнюю часть зоны и формируются под преимущественно полынно-эфемерово-эфемероидными растительными ассоциациями, иногда с участием эбелека (*Ceratocarpus arenarius*), крупнотравья.

Почвообразующими породами для серозёмов служат в основном элювиально-делювиальные, аллювиально-пролювиальные суглинисто-щебнистые или песчано-галечниковые отложения, а также лёссовидные суглинки.

Наиболее развитым профилем отличаются серозёмы северные обыкновенные, формирующиеся на лёссовидных суглинках. Профиль почв характеризуется слабой дифференцированностью на горизонты. Достаточно отчетливую гумусовую прокраску имеет лишь поверхностный корешковатый горизонт (A_{1д}=5-7 см) серого или буровато-серого цвета, пороховидно- или комковато-пылеватый. В целом аккумулятивно-гумусовый горизонт (A) составляет 14-18 см, он постепенно переходит в светло-бурый чуть сероватый пылевато-комковатый, пылевато-глыбковый переходный горизонт (B=20-35 см). Общая мощность гумусовых горизонтов (A+B) составляет 40-52 см. Ниже следует промежуточный горизонт BC светло-бурого цвета, сменяемый на глубине 60-80 см белёсоватым, белёсовато-палевым плотным карбонатно-иллювиальным горизонтом (Ск=30-50 см) ореховатой или глыбковой структуры, более тяжёлого гранулометрического состава, с расплывчатыми белесыми пятнами, более яркими у земляных коконов. Глубже залегают желтовато-светло-бурый, менее уплотнённый, комковатый или глыбковый тяжёлый, реже средний лёссовидный суглинок, зачастую с буроватыми среднекристаллическими гипсовыми стяжениями. Серозёмы северные обыкновенные ксероморфные имеют укороченный щебнистый, опесчаненный профиль.

Серозёмы северные обыкновенные в поверхностных горизонтах содержат 1,1-2,4% гумуса, 0,10-0,25% валового азота. Отношение органического углерода к азоту колеблется в пределах 6-10. Содержание CaCO₃ с поверхности достигает 1,5-6,8%, с глубиной оно возрастает до 15-35% в карбонатно-иллювиальных горизонтах, уменьшаясь затем до 6-9% в почвообразующей породе. Сумма обменных оснований сос-

тавляет 17-21 мг-экв на 100 г почвы, в их составе преобладает кальций. Почвы характеризуются щелочной реакцией почвенных суспензий (рН=8,1-8,8). Содержание гипса у гипсоносных серозёмов обыкновенных достигает 10-25%. Среди серозёмов преобладают легкосуглинистые разновидности, но на припесковых равнинах встречаются и супесчаные. В подавляющем большинстве почвы не засолены.

Серозёмы северные светлые формируются под более разреженной, по сравнению с обыкновенными, растительностью с преобладанием в её составе эфемеров и полыней; характеризуются сходным строением профиля.

Серозёмы северные светлые имеют маломощный гумусовый горизонт (А+В=35-45 см) с светло-серым, слегка буроватым, с немногочисленными корешками, чешуйчато-пороховидным дерновым горизонтом (А1д=4-5 см), ниже которого залегает буровато-светло-серый, более корешковатый, комковато-пороховидный или комковатый, более уплотненный горизонт (А2=8-12 см), глубже сменяемый светло-бурый комковатый переходный гумусовый горизонт (В=20-30 см). У серозёмов светлых, формирующихся на лёссовидных суглинках, глубже залегает промежуточный горизонт (ВС=10-15 см), который на глубине 60-70 см переходит в белёсовато-светло-бурый или палево-жёлто-бурый глыбковый или ореховатый карбонатно-иллювиальный горизонт (С1к =30-40 см), с немногочисленными белёсыми пятнышками. Глубже он подстилается менее уплотненным лёссовидным суглинком, часто гипсированным (гипс в виде грязновато-бурых мелкокристаллических жилок и друз).

Светлые серозёмы небогаты органическим веществом: содержание гумуса в поверхностных горизонтах составляет 0,6-1,8%, валового азота – 0,05-0,15%. Отношение органического углерода к азоту колеблется в пределах

4,7-8,0. Содержание CaCO₃ с поверхности достигает 5,8-18,07%, с глубиной оно возрастает до 22% в карбонатно-иллювиальных горизонтах, уменьшаясь затем до 1,5-7,5% в почвообразующей породе. Сумма обменных оснований составляет 9-14 мг-экв на 100 г почвы, в их составе преобладает кальций. Почвы характеризуются щелочной реакцией почвенных суспензий (рН=8,1-9,4). Содержание гипса у гипсоносных серозёмов светлых достигает 48%. По гранулометрическому составу встречаются преимущественно легко и среднесуглинистые разновидности. В подавляющем большинстве почвы не засолены.

Лугово-серозёмные почвы относятся к почвам полугидроморфного ряда серозёмной зоны (опустыненных и пустынных полусаванн), формирование которых связано либо с дополнительным поверхностным увлажнением, либо с залегающими на средней глубине (2,5-4 м) грунтовыми водами.

Почвообразующими породами служат слабослоистые древнеаллювиальные суглинки. В составе растительности значительное участие принимают джантак (*Alhagi pseudalhagi*), осочка (*Carex pachystylis*), реже чий (*Achnatherum splendens*), тростник (*Phragmites australis*), местами встречаются кустарники (тамариск - *Tamarix ramosissima* и другие виды рода *Tamarix*), на засоленных почвах широко развиты однолетние солянки (сем. *Amaranthaceae*), иногда ажрек (*Cynodon dactylon*). В различных соотношениях с луговой представлена растительность и опустыненных полусаванн (полынь - *Artemisia* spp., эфемеры, эфемероиды).

В верхних горизонтах лугово-серозёмные почвы содержат 1,4-2,7% гумуса, для распределения которого по профилю характерно его резкое уменьшение в верхней части гумусового горизонта. С поверхности почвы содержат 2,0-4,4% CaCO₃ в иллювиальном горизонте – до 6,7-8,5%. Глубже содержание

карбонатов уменьшается постепенно. В составе поглощенных оснований, сумма которых составляет 14,6-36,8 мг-экв на 100 г почвы, ведущую роль играет кальций, отчасти магний. Реакция почвенных суспензий щелочная (рН=8,3-9,6) Среди засоленных лугово-серозёмных почв преобладают солончаковатые. Сумма солей в засоленных горизонтах достигает 1,25%, максимальное их содержание приурочено к более тяжелым по гранулометрическому составу горизонтам; засоление хлоридно-сульфатное, в основном натриевое. По гранулометрическому составу преобладают легко- и среднесуглинистые разновидности.

Луговые почвы формируются в основном на речных террасах, в широких межпочечных понижениях, а также на низких, обычно засоленных равнинах, где залегают комплексы с другими гидроморфными и полугидроморфными почвами.

Выделяются нормальные (карбонатные незасоленные), солонцеватые, солонцевато-солончаковатые, засоленные (солончаковые и солончаковатые) и обсыхающие роды почв.

Растительность луговых почв преимущественно разнотравно-злаковая - на нормальных незасоленных почвах с участием вейника (*Calamagrostis epigejos*), лисохвоста (*Alopecurus pratensis*), ячменца (*Hordeum brevisubulatum*), полевицы (*Agrostis stolonifera*), солодки (*Glycyrrhiza glabra*), на солонцеватых - пырея (*Elytrigia repens*), бескильницы (*Puccinellia tenuiflora*), на засоленных - чия (*Achnatherum splendens*), ажрека (*Cynodon dactylon*), кермека (*Limonium gmelinii*), солончаковой полыни (*Artemisia santonica*).

Гумусированность почв сильно варьирует в зависимости от характера подстилающих пород и степени засоления (до 3-7%). Сумма обменных оснований обычно высокая до 30-35 мг-экв на 100 г и выше. В составе обменных

оснований преобладает кальций, в солонцеватых родах значительное участие принимает натрий. величина рН составляет 8-9. Степень и глубина засоления луговых почв сильно варьируют. По механическому составу почвы также отличаются разнообразием.

Пойменные луговые почвы распространены по пойменным террасам больших и малых рек области. Наиболее крупные массивы их встречаются в пойме р. Шу. Они формируются под влиянием периодического затопления паводковыми водами, обновления наноса и постоянного подпитывания капиллярной влагой, поднимающейся от залегающих на небольшой глубине грунтовых вод. Глубина залегания вод в пойме значительно колеблется в зависимости от места расположения и уровня воды в реке. Летом они залегают на глубине 2,5-3,5 м, а в паводок значительно выше. Грунтовые воды, как правило, слабоминерализованные, но степень минерализации значительно варьирует по сезонам года. Почвообразующими породами служат слоистые аллювиальные отложения различного гранулометрического состава, чаще всего с преобладанием суглинистых слоев в верхней части разреза и песков в нижней.

Пойменные луговые почвы формируются под злаково-разнотравно-луговой растительностью. Чаще всего преобладают разнотравно-злаковые, вейниковые, пырейные луга с участием галофитов и кустарников. Видовой состав растительности пойменных лугов весьма разнообразен. Это - вейник наземный (*Calamagrostis epigejos*), прибрежница солончаковая (*Aeluropus litoralis*), пырей ползучий (*Elytrigia repens*), тростник обыкновенный (*Phragmites australis*), мятлик луговой (*Poa pratensis*), осоки (*Carex* spp.), ячмень Богдана (*Hordeum bogdanii*), девясил британский (*Inula britannica*), солодка уральская (*Glycyrrhiza uralensis*), мята австрийская

(*Mentha longifolia*), дурнишник обыкновенный (*Xanthium strumarium*), шенгил серебристый (*Halimodendron halodendron*), лох остроплодный (*Elaeagnus oxycarpa*), гребенщики (*Tamarix* spp.) и другие виды. На засоленных местообитаниях усиливается роль прибрежницы солончаковой (*Aeluropus littoralis*), гребенщиков (*Tamarix* spp.), добавляются однолетние солянки (сем. Amaranthaceae), кермек Гмелина (*Limonium gmelinii*), полынь Шренка (*Artemisia schrenkiana*), солянокососник Белянжеровского (*Halostachys belangeriana*), верблюжья колючка (*Alhagi pseudalhagi*).

Для пойменных луговых почв характерна слабая дифференциация морфологического профиля на генетические горизонты при ярко выраженной слоистости. Степень выраженности профиля определяется характером проявления пойменных процессов. Почвы обладают маломощным, реже средней мощности, гумусовым горизонтом А+В, ограничивающимся глубиной 25-40 см. Он отличается серыми (от темных до светлых) тонами в окраске, комковатой, зернисто-, или слоеватокмковатой структурой. В верхней части гумусового горизонта обособляется дерновый горизонт, переплетенный корнями растений, мощностью 5-10 см. Сразу под гумусовым горизонтом появляются ржавые пятна окислов железа, которые прослеживаются глубже по всему профилю. Нередко в профиле пойменных луговых почв встречаются различной мощности и степени выраженности погребенные горизонты.

Среди пойменных луговых почв выделены обычные, засоленные и обсыхающие роды почв. К обычным отнесены почвы, периодически затопляемые, формирующиеся под луговой злаково-разнотравной растительностью, имеющие характерный профиль, не засоленные и не солонцеватые.

Для пойменных луговых почв характерно значительное варьирование показателя гумусированности почв. В описываемых почвах максимальное количество органического вещества (5,7%) сосредоточено в поверхностном дерновом горизонте. Сразу под дерновым горизонтом его содержание резко падает до 0,5%. Ёмкость обмена по вертикальному профилю закономерно изменяется в тесной связи с содержанием органического вещества и гранулометрическим составом горизонтов. Наиболее высокие величины (около 35 мг-экв на 100 г) её в дерновом суглинистом горизонте, а на глубине 25 - 35 см они уже не превышают 10.0 мг-экв на 100 г почвы. Количественно состав поглощенных оснований изменяется по горизонтам в широких пределах, но везде доминирует обменный кальций. Пойменные луговые почвы характеризуются высоким содержанием карбонатов уже с поверхности. В более глубоких горизонтах их количество возрастает, но в кривой распределения явный максимум четко не выражается.

Деградация почв

Проведённые исследования показали, что в пределах Жамбылской области наблюдается устойчивая тенденция деградации пахотных почв по всем основным диагностическим показателям. Сравнение парных разрезов почв целинных и пахотных участков выявило характерные изменения в их морфологии, химическом составе и физико-химических свойствах (таблицы 1, 2).

Сопоставление парных разрезов почв целинных и пахотных участков показало, что процессы деградации в Жамбылской области имеют комплексный характер, затрагивая гумусное состояние, баланс питательных элементов, кислотно-щелочное равновесие. Наиболее уязвимыми оказались каш-

тановые и серозёмные почвы, тогда как луговые демонстрируют относительно устойчивое состояние по ряду показателей.

Содержание гумуса в пахотных горизонтах каштановых почв снизилось в среднем на 56%, а в серозёмах - на 49,6%, что соответствует сильной степени дегумификации. Для лугово-серозёмных почв потери составили около 19% (средняя степень), а для луговых - менее 1% (слабая степень). Снижение содержания гумуса сопровождается ухудшением агрегатного состояния, увеличением плотности сложения и снижением влагоёмкости почвы. Это отражает общую тенденцию дегумификации под воздействием длительного сельскохозяйственного использования, недостаточного возврата органического вещества и активных процессов минерализации в условиях сухого климата.

По содержанию гидролизующего азота значительных потерь не выявлено: изменения варьировали от -13 до +30%. Однако по фосфору (P_2O_5) наблюдается устойчивое снижение во всех группах: от -30 до -35% в каштановых, серозёмных и лугово-серозёмных почвах (средняя степень истощения), что связано с низкой подвижностью фосфатов в карбонатной среде и выносом при урожае. По калию (K_2O) наиболее значительные потери отмечены в луговых (-44%) и лугово-серозёмных (-60%) почвах (сильная степень), что указывает на истощение и необходимость пополнения запасов. В серозёмах потери умеренные (-35%, средняя степень), а в каштановых изменения минимальны (-1,5%, слабая степень).

Изменения рН носят локальный характер: у каштановых и серозёмов величины не превышают $\pm 1\%$, что соответствует слабой степени, в то время

как у лугово-серозёмных и луговых почв повышение рН на 2-4% характеризуется как средняя-сильная степень.

Содержание обменного натрия (Na^+) в верхних горизонтах зональных почв (каштановые, серозёмы) не демонстрирует увеличения солонцеватости - изменения находятся в пределах $-0,2 - + 1,1\%$ Na^+ от суммы поглощенных оснований. Однако в луговых и пойменно-луговых почвах наблюдается осолонцевание в горизонте В, где увеличение процента поглощенного натрия достигает 8-9% (таблица 1).

Обобщенная оценка приведена в таблице 3.

Таким образом, деградация почв региона развивается по нескольким направлениям: дегумификация - основной процесс в каштановых почвах и серозёмах, вызванный недостатком поступлений органического вещества и активной минерализацией; истощение по элементам питания - наиболее выражено по фосфору и калию, особенно в лугово-серозёмных и луговых почвах; изменение рН - чаще подщелачивание при орошении, реже - слабое подкисление; изменение обменного натрия пока незначительное, но требует контроля в условиях роста минерализации воды и неустойчивого дренажа.

Следует учитывать, что диапазон изменения показателей внутри одной почвенной группы остаётся значительным. Вклад микрорельефа, типа агротехники и водного режима может изменять локальные значения показателей на $\pm 10-20\%$. Поэтому интерпретация отражает региональные тенденции, а не индивидуальные хозяйственные различия. Для уточнения динамики процессов требуется регулярный мониторинг по глубине профиля, особенно в зонах орошения и у подножий склонов.

Таблица 1 - Физико-химические свойства почв

Почва	Пара	Глубина целины, см	Глубина пашня, см	рН целина	рН пашня	Δ% рН	Na целина, мг-экв. на 100 г	Na пашня, мг-экв. на 100 г	Na целина, % от суммы	Na пашня, % от суммы	ΔNa, % от суммы
1	2	0-5	0-10	7,54	7,41	-1,7	0,23	0,19	1,2	1,2	0
Тёмно-каштановая	17Ж/25 — 18Ж/25	14-24	20-30	7,61	7,54	-0,9	0,23	0,19	1,5	1,4	0,1
		32-42	30-40	7,67	7,5	-2,2	0,23	0,19	1,7	1,5	0,2
		65-75	60-70	7,69	7,49	-2,6	0,23	0,19	—	—	—
Тёмно-каштановая глубоковскипающая	19Ж/25 — 20Ж/25	0-5	0-10	6,66	6,64	-0,3	3	1,9	2	2,1	-0,1
		10-20	15-25	7,14	6,45	-9,7	2,7	1,6	1,8	2	-0,2
		35-45	33-43	7,43	6,41	-13,7	2,3	1,7	1,6	1,7	-0,1
Светло-каштановая карбонатная	15Ж/25 — 16Ж/25	0-10	0-10	7,69	7,54	-2,0	0,03	0,11	0,7	0,8	-0,1
		10-20	0-10	7,78	7,54	-3,1	0,07	0,11	0,7	0,7	0
		20-30	27-37	7,91	7,72	-2,4	0,09	0,14	0,7	0,8	-0,1
		35-45	38-48	8,05	7,8	-3,1	0,09	0,14	0,7	0,8	-0,1
		70-80	70-80	8,04	7,85	-2,4	0,12	0,14	—	—	—
Серозём северный обыкновенный	02Ж/25 — 01Ж/25	0-5	0-10	7,55	7,12	-5,7	0,24	0,24	1,7	1,7	0
		10-20	0-10	7,62	7,12	-6,6	0,24	0,24	2,2	1,6	0,6
		34-44	33-43	7,76	7,39	-4,8	0,24	0,23	1,6	1,7	-0,1
		55-65	52-62	7,76	7,42	-4,4	0,24	0,24	—	—	—
		80-90	80-90	7,94	7,58	-4,5	—	—	3,5	3,6	-0,1
Серозём северный обыкновенный	05Ж/25 — 06Ж/25	0-5	0-10	7,5	7,8	4,0	0,24	0,24	2	2,2	-0,2
		26-36	27-37	7,83	7,83	0	0,24	0,24	2	2,3	-0,3
		60-70	65-75	7,87	7,92	0,6	0,24	—	1,8	—	—
Серозём северный светлый	07Ж/25 — 08Ж/25	0-5	0-10	7,67	7,67	0	0,65	0,09	1,7	0,9	0,8
		7-17	0-10	7,74	7,72	-0,3	0,17	0,09	1,6	0,7	0,9
		37-47	40-50	7,58	7,79	2,8	0,17	0,09	1,8	0,7	1,1
		50-60	80-90	7,72	7,81	1,2	0,17	—	1,8	—	—

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Лугово-серозёмная	13Ж/25 — 14Ж/25	0-5	0-10	7,73	7,88	1,9	0,66	0,09	0,7	0,3	0,4
		8-18	0-10	7,91	7,86	-0,6	0,09	0,05	0,7	0,7	0
		27-37	27-37	7,86	7,86	0	0,09	0,09	0,6	9,4	-8,8
		45-65	40-65	7,86	7,93	0,9	0,09	—	0,5	—	—
Луговая	09Ж/25 — 10Ж/25	0-5	0-10	7,41	7,76	4,7	0,66	0,49	0,8	0,4	0,4
		7-17	13-23	7,39	7,77	5,1	0,13	0,19	5,3	0,7	4,6
		22-32	27-37	7,43	7,82	5,3	0,09	0,09	10,1	0,4	9,7
		43-53	45-55	7,92	7,96	0,5	0,09	0,09	0,3	0,3	0
Пойменная луговая	03Ж/25 — 04Ж/25	0-5	0-10	7,64	7,97	4,3	0,24	0,24	4,6	5	-0,4
		37-47	35-45	8,42	8,06	-4,3	0,24	0,24	12,9	4,2	8,7
		60-70	55-65	8,22	8	-2,7	—	0,24	—	—	—
		80-90	80-90	7,97	7,86	-1,4	—	—	1,3	2,2	-0,9

Таблица 2 - Агрохимические свойства почв

Почва	Пара	Глубина целина, см		Глубина пашня, см		Δ Γмус	Δ% Γмус	Γмус целина, %	Γмус пашня, %	Γдир. N целина, мг/100 кг	Γдир. N пашня, мг/100 кг	Δ N	P ₂ O ₅ целина, мг/100 кг	P ₂ O ₅ пашня, мг/100 кг	Δ P ₂ O ₅	K ₂ O целина, мг/100 кг	K ₂ O пашня, мг/100 кг	Δ K ₂ O	Δ% K ₂ O
		3	4	3	4														
Темно-каштановая	17Ж/25 - 18Ж/25	0-5	0-10	2,35	1,39	-0,96	-40,9	1,39	45,9	49,1	3,2	21,9	10	-11,9	290	363	73	25,2	
		14-24	20-30	1,45	1,05	-0,4	-27,6	1,05	42,0	47,6	5,6	12	6	-6	210	320	110	52,4	
		32-42	30-40	1,1	0,89	-0,21	-19,1	0,89	36,4	44,8	8,4	8	4	-4	180	280	100	55,6	
		65-75	60-70	0,81	0,65	-0,16	-19,8	0,65	31,5	42	10,5	6	4	-2	150	220	70	46,7	
Темно-каштановая глупо вскипающая	19Ж/25 - 20Ж/25	0-5	0-10	5,23	1,75	-3,48	-66,5	1,75	47,6	39,2	-8,4	116	30	-86	510	300	-210	-41,2	
		10-20	15-25	3,37	1,73	-1,64	-48,7	1,73	58,8	33,6	-25,2	14	14	0	190	200	10	5,3	
		35-45	33-43	2,52	1,24	-1,28	-50,8	1,24	58,8	36,4	-22,4	18	10	-8	110	160	50	45,5	

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Светло-каштановая карбонатная	15Ж/25 - 16Ж/25	0-10	0-10	3,12	1,23	-1,89	-60,6	58,8	67,2	8,4	28	22	-6	350	390	40	11,4	
		10-20	0-10	1,25	1,23	-0,02	-1,6	39,2	67,2	28	6	6	22	16	260	390	130	50
		20-30	27-37	0,8	0,89	0,09	11,2	36,4	44,8	8,4	4	4	6	2	100	120	20	20
		35-45	38-48	0,56	0,73	0,17	30,4	39,2	4	-35,2	4	24	18	-6	860	770	-90	-10,5
Серозем северный обыкновенный	02Ж/25 - 01Ж/25	0-5	0-10	1,31	1,22	-0,09	-6,9	47,6	47,6	0	24	18	-6	860	770	-90	-10,5	
		10-20	0-10	0,93	1,22	0,29	31,2	44,8	47,6	2,8	12	12	18	6	700	770	70	10
		34-44	33-43	0,7	0,86	0,16	22,9	39,2	42	2,8	6	6	10	4	320	590	270	84,4
Серозем северный обыкновенный	05Ж/25 - 06Ж/25	55-65	52-62	0,6	0,77	0,17	28,3	47,6	42	-5,6	4	8	4	160	420	260	162,5	
		0-5	0-10	3,84	0,8	-3,04	-79,2	47,6	33,6	-14	106	10	-96	650	260	-390	-60	
		26-36	27-37	0,7	0,77	0,07	10,0	39,2	39,2	0	22	22	12	-10	170	230	60	35,3
Серозем северный светлый	07Ж/25 - 08Ж/25	0-5	0-10	1,9	0,71	-1,19	-62,6	30,8	67,2	36,4	16	12	-4	420	270	-150	-35,7	
		7-17	20-35	0,86	0,43	-0,43	-50,0	25,2	47,6	22,4	8	8	4	-4	220	90	-130	-59,1
		37-47	40-50	0,5	0,2	-0,3	-60,0	19,6	49	29,4	4	4	2	-2	100	70	-30	-30
Лугово-сероземная	13Ж/25 - 14Ж/25	0-5	0-10	1,96	1,59	-0,37	-18,9	64,4	56	-8,4	42	12	-30	780	310	-470	-60,3	
		8-18	0-10	1,41	1,08	-0,33	-23,4	39,2	56	16,8	10	10	4	-6	340	160	-180	-52,9
		27-37	27-37	1,33	0,72	-0,61	-45,9	31,5	48	16,5	6	6	2	-4	230	100	-130	-56,5
Луговая	09Ж/25 - 10Ж/25	0-5	0-10	2,49	2,12	-0,37	-14,9	47,6	56	8,4	28	22	-6	770	530	-240	-31,2	
		7-17	13-23	1,96	2,02	0,06	3,1	33,6	50,4	16,8	14	14	26	12	390	400	10	2,6
		22-32	27-37	1,72	1,34	-0,38	-22,1	47,6	44,8	-2,8	10	10	10	0	240	360	120	50
Пойменная луговая	03Ж/25 - 04Ж/25	43-53	45-55	0,9	0,81	-0,09	-10	42	42	0	4	8	4	140	120	-20	-14,3	
		0-5	0-10	0,97	1,11	0,14	14,4	30,8	42	11,2	22	22	10	-12	260	110	-150	-57,7
		37-47	35-45	0,17	0,44	0,27	158,8	19,6	25,2	5,6	12	12	4	-8	70	60	-10	-14,3

Таблица 3 - Обобщённая оценка деградации почв по основным показателям (верхние горизонты)

Типы почв	Δ% гумуса	Δ% N	Δ% P ₂ O ₅	Δ% K ₂ O	Δ% pH	Δ% Na	Доминирующая степень деградации
Каштановые	-56.0	+1.2	-34.6	-1.5	-1.3	+0.1	Сильная (дегумификация)
Серозёмы	-49.6	+29.6	-35.3	-35.4	-0.6	-0.2	Сильная (дегумификация, истощение P ₂ O ₅)
Лугово-серозёмные	-18.9	-13.0	-30.0	-60.3	+1.9	-8.0	Средне-сильная (дегумификация, потеря K ₂ O)
Луговые (вкл. пойменные)	-0.2	+27.0	-9.0	-44.4	+4.5	+9.0	Слабая-сильная (по K ₂ O и pH)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённые исследования показали, что деградация пахотных почв Жамбылской области имеет комплексный характер и проявляется преимущественно в виде дегумификации и истощения запасов питательных элементов. Наиболее интенсивные изменения свойственны каштановым и серозёмным почвам, где содержание гумуса снизилось на 50–55%, а подвижного фосфора - на 30–35%. Луговые и лугово-серозёмные почвы подвержены деградации в меньшей степени. В целом установлено, что основные направления деградации связаны с несбалансированным земледелием, недостаточным возвратом органического вещества, нарушением агротехники и ирригационного режима.

Предлагаются следующие меры по сохранению и восстановлению плодородия почв: для орошаемых земель - внедрять системы органо-минеральных удобрений с обязательным внесением навоза, компоста и соломы (2–3 т/га ежегодно), применять сидеральные культуры (люцерна, горчица) для восстановления запаса органического вещества и биогенных элементов, оптимизировать режим орошения: избегать переувлажнения, поддерживать уровень грунтовых вод ниже 2–2,5 м, внед-

рять дренаж и капельное орошение, на участках с признаками солонцеватости - применять гипсование (CaSO₄·2H₂O) из расчёта 3–5 т/га, что способствует вытеснению Na⁺ из поглощающего комплекса, использовать мульчирование и минимальную обработку для снижения испарения и потерь органики. Для богарных земель - возвращать растительные остатки в почву, вводить покровные культуры (суданка, горох, овёс + вика), применять контурную вспашку и поперечное бороздование на склонах для уменьшения водной эрозии, проводить чередование культур (зерновые - бобовые - пары) для сохранения азота и улучшения структуры почвы, при возможности - организовать почвозащитное травопольное земледелие и создание лесополос против ветровой эрозии.

Результаты исследования подтверждают необходимость перехода к адаптивным формам ведения земледелия, основанным на сохранении органического баланса, рациональном использовании удобрений, внедрении ресурсосберегающих технологий обработки почв и управлении водным режимом. Это позволит замедлить деградационные процессы, восстановить плодородие и повысить устойчивость агроландшафтов Жамбылской области в условиях аридного климата.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Данная статья опубликована в рамках программно-целевого финансирования научных исследований МСХ РК на 2024 -2026 годы по программе ИРН ВР22885097 «Обеспечение рационального использования земель сельскохозяйственного назначения в интенсивном земледелии на основе новых подходов в сохранении и воспроизводстве плодородия почв».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Smith P. Global soil degradation and its impact on food production // The Guardian Science Review. - 2023. - P. 15–18.
2. Назарова Г.К. Проблемы деградации сельскохозяйственных земель Казахстана // САВА Analytical Journal. - 2022. - № 4. - С. 45–53.
3. Belyaeva O.N., Karimov A. Soil degradation processes in Central Asia under climate and land use change // Environmental Earth Sciences (SpringerLink). - 2021. - Vol. 80, № 5. - P. 112–125.
4. Рахимова Ж.Б. Дегумификация почв Казахстана и пути её замедления // Вестник Казахского аграрного университета. - 2020. - № 2. - С. 54–60.
5. Chen Y., Li X. Climate change and land degradation in Central Asia: Integrated assessment // Frontiers in Environmental Science. - 2022. - Vol. 10. - P. 305–317.
6. Карпенко Н.П., Сейтказиев А.С., Маймакова А.К. Экологическая оценка деградации серозёмно-луговых почв Жамбылской области // Международный научно-исследовательский журнал. - 2016. - № 12(54). - С. 125–132.
7. Zakon Online. Засоление и деградация земель в Жамбылской области [Электронный ресурс]. - 2023. - Режим доступа: <https://online.zakon.kz/>.
8. Казинформ. В Жамбылской области высаживают саксаул для борьбы с продвижением песков [Электронный ресурс]. - 2022. - Режим доступа: <https://www.inform.kz/>.
9. Кирейчева Л.В., Сейтказиев А.С., Куандыкова Г.Т. Оценка влияния природных и антропогенных факторов на продуктивность орошаемых почв в Жамбылской области // Сельское хозяйство, лесное и рыбное хозяйство. - 2019. - № 3. - С. 70–79.
10. Карпенко Н.П., Сейтказиев А.С., Маймакова А.К. Регулирование водно-солевого режима почв на засоленных землях хозяйств «Туймекен» и «Дихан» Жамбылской области // Природообустройство. - 2017. - № 3–4. - С. 70–79.
11. Урожайность зерновых и состояние почв Казахстана [Электронный ресурс]. - 2023. - Режим доступа: <https://kzinform.com/>.
12. Салихов Т.К., Сейтказиев А.С. Исследование почвенного покрова Таласского района Жамбылской области // Вестник аграрной науки Казахстана. - 2020. - № 6. - С. 91–98.
13. Wang J., Liu L. Assessment of soil erosion risk in Almaty region using RUSLE model // Journal of Arid Environments. - 2021. - Vol. 189. - P. 104–115.
14. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. - М.: МГУ, 1962. - 491 с.
15. Александрова Л.Н., Найденова О.А. Лабораторно-практические занятия по почвоведению. - Л.: Агропромиздат, 1986. - 295 с.
16. Соколов И.А. Теоретические проблемы генетического почвоведения. - Новосибирск: Гуманитарные технологии, 2004. - 288с.

17. Исаченко А.Г. Методы прикладных ландшафтных исследований. - Л.: Наука, 1980. - 222 с.
18. Корсунов В.М., Красеха Е.Н., Ральдин Б.Б. Методология почвенных эколого-географических исследований и картографии почв. - Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2002. - 232 с.
19. Розанов Б.Г. Морфология почв. - М.: Академический проект, 2004. - 432 с.

REFERENCES

1. Smith P. Global soil degradation and its impact on food production // *The Guardian Science Review*. - 2023. - P. 15-18.
2. Nazarova G.K. Problemy degradacii sel'skohozyajstvennyh zemel' Kazahstana // *CABAR Analytical Journal*. - 2022. - № 4. - S. 45-53.
3. Belyaeva O.N., Karimov A. Soil degradation processes in Central Asia under climate and land use change // *Environmental Earth Sciences (SpringerLink)*. - 2021. - Vol. 80, № 5. - P. 112-125.
4. Rahimova Zh.B. Degumifikaciya pochv Kazahstana i puti eyo zamedleniya // *Vestnik Kazahskogo agrarnogo universiteta*. - 2020. - № 2. - S. 54-60.
5. Chen Y., Li X. Climate change and land degradation in Central Asia: Integrated assessment // *Frontiers in Environmental Science*. - 2022. - Vol. 10. - P. 305-317.
6. Karpenko N.P., Sejtkaiev A.S., Majmakova A.K. Ehkologicheskaya ocenka degradacii serozemno-lugovyh pochv Zhambyl'skoj oblasti // *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*. - 2016. - № 12(54). - S. 125-132.
7. Zakon Online. Zasolenie i degradaciya zemel' v Zhambyl'skoj oblasti [Elektronnyj resurs]. - 2023. - Rezhim dostupa: <https://online.zakon.kz/>.
8. Kazinform. V Zhambyl'skoj oblasti vysazhivayut saksaul dlya bor'by s prodvizheniem peskov [Elektronnyj resurs]. - 2022. - Rezhim dostupa: <https://www.inform.kz/>.
9. Kirejcheva L.V., Sejtkaiev A.S., Kuandykova G.T. Ocenka vliyaniya prirodnyh i antropogennyh faktorov na produktivnost' oroshaemyh pochv v Zhambyl'skoj oblasti // *Sel'skoe hozyajstvo, lesnoe i rybnoe hozyajstvo*. - 2019. - № 3. - S. 70-79.
10. Karpenko N.P., Sejtkaiev A.S., Majmakova A.K. Regulirovanie vodno-solevogo rezhima pochv na zasolyonnyh zemlyah hozyajstv «Tujmeken» i «Dihan» Zhambyl'skoj oblasti // *Prirodoobustrojstvo*. - 2017. - № 3-4. - S. 70-79.
11. KZInform. Urozhajnost' zernovyh i sostoyanie pochv Kazahstana [Elektronnyj resurs]. - 2023. - Rezhim dostupa: <https://kzinform.com/>.
12. Salihov T.K., Sejtkaiev A.S. Issledovanie pochvennogo pokrova Talasskogo rajona Zhambyl'skoj oblasti // *Vestnik agrarnoj nauki Kazahstana*. - 2020. - № 6. - S. 91-98.
13. Wang J., Liu L. Assessment of soil erosion risk in Almaty region using RUSLE model // *Journal of Arid Environments*. - 2021. - Vol. 189. - P. 104-115.
14. Arinushkina E.V. Rukovodstvo po himicheskomu analizu pochv. - M.: MGU, 1962. - 491 s.
15. Aleksandrova L.N., Najdenova O.A. Laboratorno-prakticheskie zanyatiya po pochvovedeniyu. - L.: Agropromizdat, 1986. - 295 s.
16. Sokolov I.A. Teoreticheskie problemy geneticheskogo pochvovedeniya. - Novosibirsk: Gumanitarnye tehnologii, 2004. - 288s.
17. Isachenko A.G. Metody prikladnyh landshaftnyh issledovanij. - L.: Nauka, 1980. - 222 s.

18. Korsunov V.M., Kraseha E.N., Ral'din B.B. Metodologiya pochvennyh ehkologo-geograficheskikh issledovaniy i kartografii pochv. – Ulan-Udeh: Izd-vo BNC SO RAN, 2002. – 232 s.
19. Rozanov B.G. Morfologiya pochv. – M.: Akademicheskij proekt, 2004. – 432 s.

ТҮЙІН

К.М. Пачикин^{1*}, А.К. Ершибулов¹, Е.Е. Сонгулов¹, А. Серикпай¹
АУЫЛШАРУАШЫЛЫҒЫНЫҢ ЫҚПАЛЫМЕН ЖАМБЫЛ ОБЛЫСЫНЫҢ ЕГІСТІК
ТОПЫРАҚТАРЫНЫҢ ТРАНСФОРМАЦИЯЛАНУЫ

¹Ө.О. Оспанов атындағы Қазақ топырақтану және агрохимия ғылыми-зерттеу институты, 050060, Алматы, Байрақ көшесі, 10, Қазақстан,

*e-mail: kpachikin@yahoo.com

Бұл зерттеудің мақсаты - Жамбыл облысының тау бөктеріндегі жазықтардағы әртүрлі типтегі суармалы және жаңбырлы топырақтардың қарқынды пайдалану жағдайында морфологиялық, физикалық-химиялық қасиеттерінің өзгеруін зерттеу және олардың трансформациясына әкелетін негізгі факторларды анықтау. Зерттеу нысаны - ауылшаруашылық пайдалану жағдайында антропогендік трансформацияға ұшыраған Жамбыл облысының топырақтары. Тың және егістік жерлердің жұптасқан профильдерін салыстырмалы талдау негізінде каштан, боз топырақ, шалғынды және шалғынды-боз топырақтары үшін агрохимиялық және физикалық-химиялық параметрлерді зерттеу жүргізілді. Деградация күрделі және дегумификацияда, жылжымалы фосфор мен калий мөлшерінің төмендеуінде және қышқыл-негіз режимінің өзгеруінде көрінетіні анықталды. Ең қарқынды деградация процестері каштан және боз топырақтарында тіркелді, онда гумустың жоғалуы 50-55%-ға, ал фосфор 30-35%-ға жетеді. Сортаңдану шалғынды және жайылма-шалғынды топырақтарда байқалады.

Түйінді сөздер: топырақ, жер ресурстары, топырақтың деградациясы, топырақ құнарлылығы.

SUMMARY

К.М. Pachikin^{1*}, А.К. Yer Shibulov¹, Е.Е. Songulov¹, А. Serikpai¹
TRANSFORMATION OF ARABLE SOILS OF ZHAMBYL REGION UNDER THE INFLUENCE
OF AGRICULTURAL USE

¹Kazakh Research Institute of Soil Science and Agrochemistry named
after U.U. Uspanov, Almaty, Bayraq St., 10, Kazakhstan,

*e-mail: kpachikin@yahoo.com

The purpose of the research is to study changes in the morphological, physicochemical properties of irrigated and rainfed soils of different types on the foothill plains of the Zhambyl region in the conditions of their intensive use with the identification of the main factors leading to their transformation. The object of the study is the soils of the Zhambyl region, which are undergoing anthropogenic transformation in the conditions of agricultural use. On the basis of a comparative analysis of paired sections of virgin and arable lands, a study of agrochemical and physicochemical indicators for chestnut, serozem, meadow and meadow-serozem soils was carried out. It has been established that degradation has a complex nature and is expressed in dehumification, a decrease in the content of mobile phosphorus and potassium, and a change in the acid-base regime. The most intensive degradation processes are recorded in chestnut and serozem soils, where humus losses reach 50–55%, and phosphorus - 30–35%. In meadow and floodplain-meadow soils, salinization is observed.

Keywords: soil, land resources, soil degradation, soil fertility.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. Пачикин Константин Михайлович – Заведующий отделом географии, генезиса и оценки почв, кандидат биологических наук, <https://orcid.org/0000-0003-2686-8441> e-mail: krachikin@yahoo.com

2. Ершибулов Азамат Кайратович - СНС отдела географии, генезиса и оценки почв, PhD, <https://orcid.org/0000-0002-9147-8426>, e-mail: azamat_ershibul@mail.ru

3. Сонгулов Ерсултан Ержанович - МНС отдела географии, генезиса и оценки почв, <https://orcid.org/0000-0003-0066-2103>, e-mail: songulov@mail.ru

4. Серикбай Аружан Маратовна - Инженер-почвовед отдела географии, генезиса и оценки почв, <https://orcid.org/0009-0004-6617-9258>, e-mail: aruzhanhadid@gmail.com

ЭКОЛОГИЯ ПОЧВ

IRSTI: 68.05.41

DOI: 10.51886/1999-740X_2026_2_22

K. Kulymbet^{1*}, M. Toktar^{1,2}, D. Rashiduly³**ASSOCIATIONS AMONG TEXTURE, BULK DENSITY AND SOIL MOISTURE DURING POST-MINING SOIL RECOVERY IN SEMI-ARID CONDITIONS**

¹*U.U. Uspanov Kazakh Research Institute of Soil Science and Agrochemistry, 050060, Almaty, Bayraq str., 10, Kazakhstan, *e-mail: qulymbet.qanat@gmail.com*

²*Satbayev University, 050013, Almaty, Satbaev str., 22, Kazakhstan*

³*Abai Kazakh National Pedagogical University, 050010, Almaty, Dostyk Ave., 13, Kazakhstan*

Abstract. Post-mining phosphorite landscapes in semi-arid regions often retain physical constraints that limit vegetation establishment and slow soil recovery. We assessed soil physical recovery at the Zhanatas phosphorite deposit (southern Kazakhstan) by comparing three site types: (i) a reclaimed dump (technical reclamation in 2012, biological reclamation in 2013; ~2 ha; ~50 cm loam substrate; 70–75% plant establishment), (ii) a dump undergoing passive self-recovery since mine closure in 1984 with sparse vegetation cover (~9.5–10%), and (iii) an undisturbed reference soil. During May–September 2025, three soil profiles were excavated per site and sampled by genetic horizons. Across sites, materials were sand-dominated, but the fine fraction (<0.01 mm) differed strongly among recovery pathways. The reclaimed site showed stable near-surface texture (<0.01 mm = 31.97–34.93% at 0–40 cm), comparable to the upper horizons of the naturally revegetated dump (28.60–30.34% at 0–70 cm). In contrast, a deep layer of the naturally revegetated dump (70–110 cm) was extremely coarse (sand 89.89%; <0.01 mm 8.87%), indicating a persistent textural discontinuity. The undisturbed soil had the highest fine fraction (<0.01 mm = 34.57–45.05%). Moisture ranged from 2.09% (reclaimed 0–10 cm) to 11.69% (dump 70–110 cm). PCA differentiated site types and revealed the greatest heterogeneity in the naturally recovering dump. Reclamation improved near-surface physical conditions, but full convergence to reference soil remains incomplete due to strong textural contrasts within the profile.

Keywords: phosphorite mining, land reclamation, natural revegetation of soil substrates, soil texture, PCA.

INTRODUCTION

Mining is among the most intensive land-use disturbances, typically removing natural soil profiles and leaving heterogeneous overburden materials with poor structure, low organic matter, and altered hydrological functioning. As a result, post-mining landscapes often exhibit reduced infiltration, limited plant-available water, enhanced erosion risk, and constrained root development, which together slow ecosystem recovery unless effective reclamation practices are implemented [1–3].

In semi-arid regions, soil recovery can be particularly challenging because low precipitation and high evaporative demand constrain vegetation establishment and

organic matter accumulation - the key drivers of aggregation and structural development. In arid to semi-arid mine settings, reclamation success depends strongly on reconstructing a growth medium that can store water, reduce mechanical impedance, and support early plant cover [4, 5]. These constraints are relevant for southern Kazakhstan, where large phosphorite deposits have been mined for decades and extensive dumps and disturbed surfaces remain in need of ecological rehabilitation [6, 7].

Soil physical properties are central to post-mining recovery because they regulate water flow and retention, aeration, and root penetration. Among these, particle-

size distribution (texture), bulk density, and soil moisture are widely used as sensitive indicators of disturbance and rehabilitation progress [5, 8, 9]. Bulk density is a direct proxy for compaction and pore space reduction; excessive compaction limits infiltration, gas exchange, and root elongation, and is a common legacy of grading and heavy machinery during technical reclamation [10, 11]. In reclaimed mine soils, bulk density often remains higher than in adjacent undisturbed soils for years, with recovery depending on material placement, biological activity, and vegetation development [11, 12].

Texture provides a stable “baseline” property that shapes the trajectory of structural and hydrological recovery. Fine-textured fractions (silt and clay) can increase water-holding capacity but may also predispose reconstructed soils to crusting or poor aeration when structure is weak, whereas coarse textures can reduce available water under semi-arid climates. Pedotransfer and soil-hydrologic studies consistently show that moisture retention and plant-available water are tightly linked to texture and organic matter, with bulk density influencing the pore-size distribution that controls water storage and movement. Therefore, the joint assessment of texture–bulk density–moisture relationships can provide an integrated view of whether reclaimed substrates are developing toward functional soil conditions [11, 12].

A key question in mine rehabilitation is whether technical reclamation accelerates recovery compared with passive/natural revegetation, and how both compare to an undisturbed reference. Classic restoration concepts emphasize that natural succession can rebuild soils over time, but trajectories are strongly site-dependent and may be slow or arrested under harsh physical constraints. Comparative studies across reclaimed and spontaneously revegetated mine lands report mixed outcomes: while reclamation may speed up early

stabilization, it can also increase compaction and reduce microsite heterogeneity, sometimes limiting long-term soil development relative to unmanaged (ungraded) substrates [10–13]. In practice, evaluating these trade-offs requires side-by-side measurements of key physical indicators across contrasting site types within the same climate and geological setting [11–13].

For phosphorite mining landscapes in southern Kazakhstan, the peer-reviewed evidence base is still relatively limited compared with coal or metal-mine systems. Existing work in the Zhambyl region has documented that reclaimed or disturbed phosphorite-mine substrates can be highly unfavorable for plants due to immature “human-transported materials” and weak soil-forming processes, highlighting the need for targeted monitoring of soil quality and recovery [14, 15]. More recent regional research on phosphorite dump reclamation in Kazakhstan’s semi-desert zone underscores the scale of disturbance and the importance of selecting sensitive indicators to evaluate reclamation outcomes [16]. However, detailed comparisons focusing specifically on soil physical recovery—especially using a three-way design (reclaimed vs naturally revegetated vs undisturbed)—remain scarce for the Zhanatas phosphorite deposit and analogous semi-arid mine settings.

Although the methods applied in this study are standard in soil science, the present work addresses an important gap by focusing on an understudied phosphorite-mining landscape in southern Kazakhstan and by directly comparing three contrasting recovery pathways within the same semi-arid environment. The integration of horizon-based data on particle-size distribution, bulk density, and gravimetric soil moisture across reclaimed, naturally revegetated, and undisturbed reference soils provides a site-specific basis for assessing soil physical recovery trajectories and profile-scale heterogeneity at

the Zhanatas deposit, where such comparative evidence is still scarce.

Multivariate statistics can help interpret post-mining soil recovery where properties co-vary and responses differ among site types. Correlation analysis is useful for diagnosing linkages between texture fractions and bulk density or moisture, while ordination methods such as principal component analysis (PCA) can summarize the dominant gradients differentiating reclaimed, naturally revegetated, and undisturbed soils. Such approaches are increasingly applied in mine-soil assessment to identify the most informative indicators and to visualize recovery trajectories relative to reference conditions [17-20].

In this study, we assess soil physical recovery after phosphorite mining in the semi-arid zone of southern Kazakhstan by comparing three site types: (i) a technically reclaimed dump area (reclamation conducted in 2011–2013), (ii) a disturbed area undergoing natural revegetation/self-recovery, and (iii) an adjacent undisturbed reference site. We focus on soil texture (particle-size distribution), bulk density, and soil moisture as core physical indicators of post-mining recovery.

MATERIALS AND METHODS

Study area. The study was conducted at the Zhanatas phosphorite deposit located near the town of Zhanatas, Sarysu district, Zhambyl region, southern Kazakhstan. The deposit belongs to the Zhanatas phosphorite basin, a major phosphate-rock mining area in Kazakhstan.

The region is situated within the semi-arid to semi-desert climatic zone of Kazakhstan, characterized by low and irregular precipitation and high evaporative demand. According to national climate descriptions, annual precipitation in the semi-desert zone typically ranges approximately within 134–330 mm, while independent regional assessments report mean

annual precipitation around ~250 mm for the broader Zhambyl region.

Site selection and recovery pathways. Three site types representing contrasting disturbance and recovery pathways were selected within the same landscape setting: Reclaimed site (RN): a post-mining dump area reclaimed in 2011–2013 (total reclaimed area ~2 ha). Reclamation involved placement of a loam substrate (~50 cm) as a growth medium, followed by multi-layer sowing of plant species representing different strata and life forms. Plant establishment/survival was reported as ~70–75%. The reclamation works were implemented as technical reclamation in 2012 and biological reclamation in 2013.

Naturally revegetated site (NO): a disturbed dump area where mining/dumping activities ceased in 1984; the site has been undergoing passive self-recovery since closure (\approx 41 years by the 2025 field campaign). Current vegetation cover is low, with reported ground cover of approximately 8.5–9%. Undisturbed reference site (NP): a nearby area not affected by mining operations, representing local baseline soil physical conditions under natural vegetation (figure 1).

Soil profile excavation and sampling design. Field investigations were carried out during the growing season (May–September 2025). At each site type (RN, NO, NP), three replicate soil profiles were excavated. Each profile was morphologically described, and genetic horizons were identified in the field.

Soil samples were collected horizon-wise from each described horizon. For each horizon, disturbed samples were taken for particle-size distribution, and fresh samples were collected for gravimetric moisture determination. Undisturbed core samples for bulk density were collected from the mid-part of each horizon using metal cylinders of 100 cm³ volume.

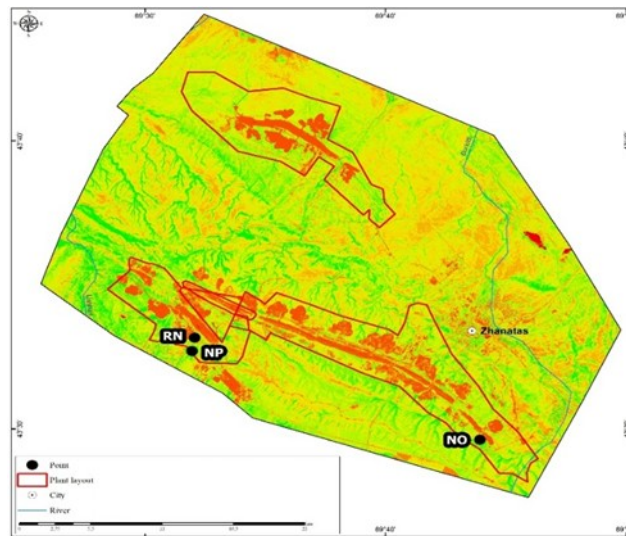


Figure 1 – Study area

Laboratory analyses. Particle-size distribution (Kachinsky method)

Particle-size distribution was determined using the Kachinsky pipette sedimentation method. Briefly, samples were prepared by removing coarse fragments (>2 mm) and visible plant residues; the fine earth fraction was dispersed following standard Kachinsky-type 3 in the Kachinsky fractionation system, and then summarized into texture-related groups for interpretation in an international context [21, 22].

Bulk density. Bulk density (ρ_b) was determined by the core method using 100 cm³ cylinders. Samples were oven-dried at 105°C to constant mass and weighed. Bulk density was calculated as:

$$\rho_b = \frac{M_{dry}}{V_{core}}$$

where M_{dry} is dry soil mass (g) and V_{core} is core volume (cm³). Results are reported in g cm⁻³. The procedure follows standard guidance for dry bulk density determination by a known-volume core [23].

Gravimetric soil moisture. Gravimetric soil moisture content was determined on field-moist subsamples by oven-drying at 105°C to constant mass [24]. Moisture

content (θ_g) was calculated as:

$$\theta_g(\%) = \frac{M_{wet} - M_{dry}}{M_{dry}} \times 100$$

where M_{wet} and M_{dry} are wet and dry soil masses, respectively.

Statistical analyses. Because the number of replicates per site was limited, statistical inference was treated conservatively. Data are presented as mean \pm SD. Differences among the three site types were tested using the Kruskal–Wallis test with appropriate post-hoc pairwise. Associations among texture fractions, bulk density, and moisture were examined using Pearson correlations.

To explore multivariate differentiation among site types, principal component analysis (PCA) was performed on standardized variables, including particle-size groups, bulk density, and moisture. PCA results were interpreted using score plots and loadings.

RESULTS AND DISCUSSIONS

Particle-size distribution and the fine fraction (<0.01 mm) across sites. Across the three site types, particle-size distribution was generally dominated by sand fractions, while the proportion of the fine fraction (<0.01 mm; “physical clay” in the Kachin-

sky system) showed clear site- and depth-related differences. Because the <0.01 mm fraction strongly controls water retention and related hydrophysical behavior, its variation provides a useful indicator of post-mining soil physical recovery under semi-arid conditions.

Reclaimed site (RN). In the reclaimed dump, the soil material exhibited a relatively stable texture within the sampled layer. Total sand content varied narrowly (63.49–66.53%) across 0–40 cm, whereas the fine fraction <0.01 mm ranged from 31.97 to 34.93%. The clay-sized fraction (<0.001 mm) was 7.29–8.50%. This comparatively consistent granulometric pattern is consistent with the reclamation practice of placing a loam substrate layer, which creates a more homogeneous near-surface growth medium.

Naturally revegetated site (NP). In the upper part of the naturally recovering dump (0–70 cm), total sand content remained similar to the reclaimed site but slightly higher overall (68.72–69.68%), and the <0.01 mm fraction ranged from 28.60 to 30.34%. However, at 70–110 cm the profile became markedly coarser: total sand increased sharply to 89.89% and the <0.01 mm fraction dropped to 8.87%. This strong textural discontinuity indicates that deeper dump materials remain highly sandy and weakly developed, which likely limits deep moisture storage and can con-

strain rooting and vegetation persistence in a semi-arid environment.

Undisturbed reference (NO). The undisturbed soils were generally finer-textured than both disturbed sites. The <0.01 mm fraction ranged from 34.57 to 45.05%, while total sand ranged from 53.25 to 60.71%. The clay-sized fraction (<0.001 mm) was also higher than in the reclaimed and naturally revegetated sites (8.06–15.02%), reflecting a more developed natural soil matrix with greater fine material (figure 2).

Overall, the reclaimed site showed fine-fraction contents (approximately 32–35% <0.01 mm) close to those in the upper horizons of the naturally revegetated site (approximately 29–30%), indicating that reclamation successfully created a functional near-surface texture compared with the coarse dump substrate. In contrast, the undisturbed site maintained the highest proportion of fine particles throughout the profile, representing the local baseline for soil physical condition. The pronounced decrease in fine material in deeper horizons of the naturally revegetated dump highlights a persistent physical limitation of technogenic deposits and underscores the importance of constructing or conserving a fine-textured surface layer to support long-term soil recovery in semi-arid post-mining landscapes.

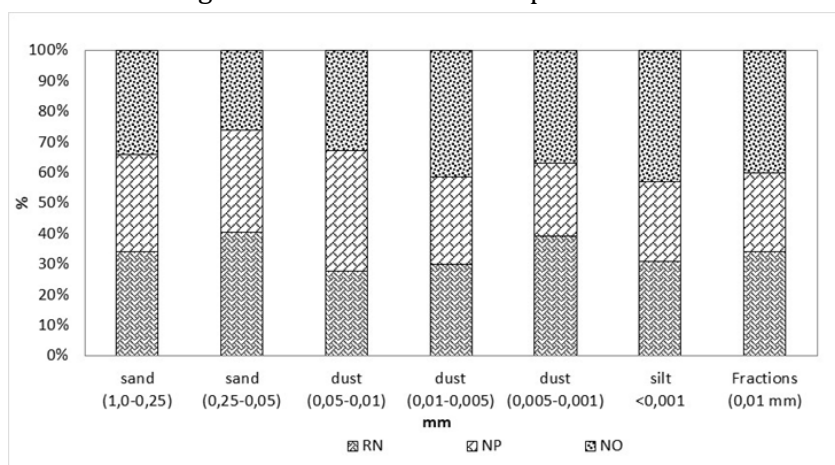


Figure 2 - Particle-size distribution across study area (RN, NP, NO)

Bulk density across sites and depths. Bulk density differed clearly among the three site types and showed contrasting depth patterns. In the reclaimed site (RN), bulk density in the surface layer (0–10 cm) was 1.253 g cm^{-3} , indicating a moderately compacted but workable reconstructed top layer. In the naturally revegetated dump (NP), bulk density was the lowest among sites and increased with depth from 1.099 g cm^{-3} (0–11 cm) to 1.325 g cm^{-3} (11–28 cm), consistent with a loose, coarse-textured technogenic substrate near the surface and progressive consolidation downward. In contrast, the undisturbed reference (NO) displayed substantially higher bulk density values, reaching 1.661 g cm^{-3} in the upper layer (0–18 cm) and increasing to 1.765 g cm^{-3} at 18–40 cm.

These results emphasize that bulk density in post-mining landscapes should be interpreted together with texture and profile organization. Lower bulk density on the dump (NP) does not necessarily indicate better physical quality; it can reflect unconsolidated, sand-dominated material with limited fine fraction and low water-holding capacity. Conversely, the higher bulk density in the undisturbed reference (NO) likely reflects a naturally denser, finer-textured mineral matrix and/or higher packing density under semi-arid conditions. The reclaimed site (RN) showed intermediate compaction status, suggesting that placement of a loam substrate layer created a more soil-like near-surface physical condition compared with the dump material.

Gravimetric soil moisture (field moisture) across sites and depths. Gravimetric soil moisture measured during the May–September 2025 field season varied with both site type and depth, reflecting the combined influence of recent weather, evaporative demand, infiltration,

and substrate properties. The reclaimed site (RN) showed a pronounced vertical gradient: moisture was extremely low in the surface layer (2.09% at 0–10 cm) but increased sharply with depth to 6.21% (10–25 cm) and 7.19% (25–40 cm). This pattern indicates strong surface drying, consistent with high evaporative losses and limited surface water retention during the warm season.

In the naturally revegetated dump (NP), moisture in the upper profile was relatively stable, ranging from 6.91 to 7.85% across 0–70 cm. However, at 70–110 cm, moisture increased markedly to 11.69%, suggesting that water percolation and reduced evaporative influence at depth allow moisture accumulation even in coarse dump substrates. This is important ecologically: deep moisture storage may exist, but the coarse texture and low fine fraction at depth can still constrain plant-available water and rooting effectiveness, especially if the main root zone is limited to upper layers.

The undisturbed reference (NO) showed a non-monotonic moisture pattern: relatively high moisture at 0–3 cm (7.96%), a drier layer at 3–18 cm (4.50%), followed by higher moisture at 18–40 cm (6.45%) and a maximum at 40–50 cm (9.01%). Such variability is typical for semi-arid soils where short-term surface wetting events, crusting/structure, and horizon-specific infiltration pathways can produce contrasting moisture conditions within the upper profile.

Overall, average moisture in the upper part of profiles (approximately the top ~40–50 cm, depending on site sampling intervals) followed the order NP ($\approx 7.50\%$) \geq NO ($\approx 6.30\%$) $>$ RN ($\approx 5.16\%$), with the reclaimed site showing the strongest surface desiccation.

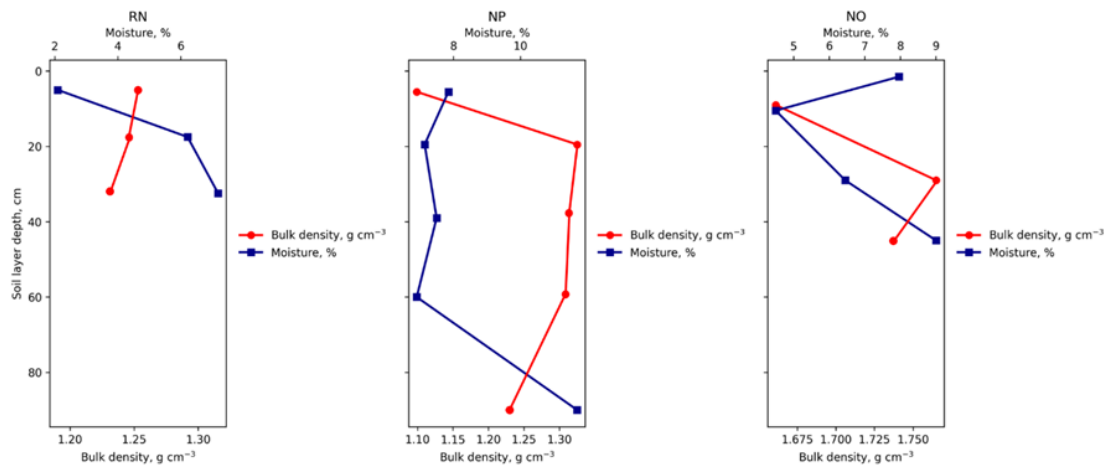


Figure 3 - Soil moisture content (%) and bulk density (g cm^{-3}) distribution along the soil profile in RN, NP and NO sites

Texture–bulk density–moisture associations. Figure 4 presents the Pearson correlation matrix for all granulometric fractions (Kachinsky system) together with gravimetric soil moisture (%) and bulk density (g cm^{-3}). The analysis was performed only for depth intervals where all three data blocks (granulometry–moisture–bulk density) were available simultaneously ($n=5$). For intervals with mismatched layer boundaries, granulometric fractions and moisture were harmonized to the bulk density interval using thickness-weighted averaging across overlapping horizons.

Several strong correlations occurred among granulometric fractions themselves, reflecting that fractions are compositional (they sum to $\sim 100\%$) and therefore covary by definition. The two sand fractions were positively related ($r = 0.71$), while the sand fraction 0.25–0.05 mm showed a strong negative association with the silt fraction 0.01–0.005 mm ($r = -0.89$, $p < 0.05$). Fine fractions were mutually positively related: Fine fraction <0.01 mm correlated strongly with Clay <0.001 mm ($r = 0.86$) and with Silt 0.005–0.001 mm ($r = 0.73$), showing

that an increase in the fine fraction is accompanied by a coordinated rise of the finest particle-size classes.

Bulk density exhibited the clearest associations with granulometry. The strongest relationship was a negative correlation with sand 0.25–0.05 mm ($r = -0.93$, $p < 0.05$), indicating lower packing density in coarser, sandier materials. Bulk density also tended to increase with finer material (positive correlations with Fine <0.01 mm, $r = 0.86$, and Clay <0.001 mm, $r = 0.67$) (figure 3).

Soil moisture showed no linear relationship with bulk density ($r = -0.05$), suggesting that during the May–September sampling period the instantaneous moisture content was not controlled by compaction alone. Instead, moisture was strongly positively associated with Silt 0.05–0.01 mm ($r = 0.87$) and strongly negatively associated with Silt 0.005–0.001 mm ($r = -0.83$). Moisture correlations with the “integrated” fine indices were moderate to weak (Moisture vs Fine <0.01 mm: $r = -0.41$; Moisture vs Clay <0.001 mm: $r = -0.12$) (figure 4).

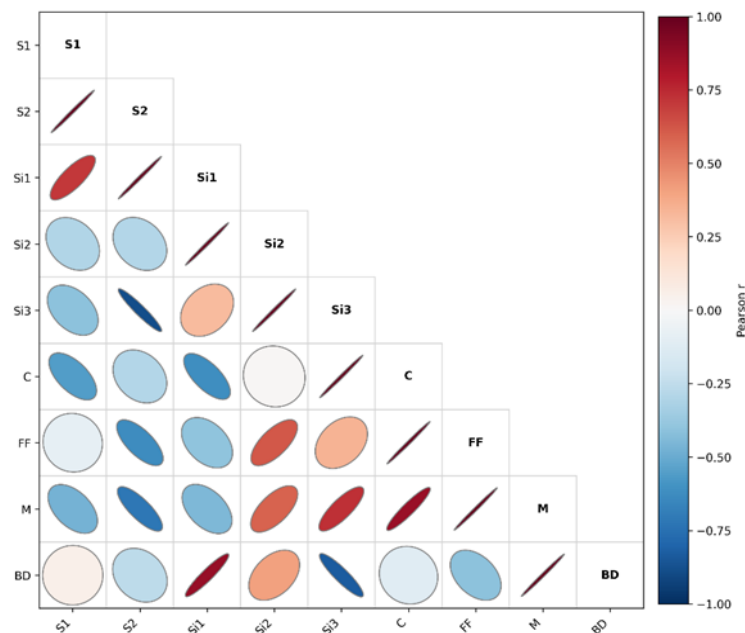


Figure 4 - Pearson correlation heatmap (r) for granulometric fractions (Kachinsky method), gravimetric soil moisture (%) and bulk density (g cm^{-3}) across the Zhanatas phosphorite sites

Note: S1 – Sand 1.0–0.25 mm; S2 – Sand 0.25–0.05 mm; Si1 – Silt 0.05–0.01 mm; Si2 – Silt 0.01–0.005 mm; Si3 – Silt 0.005–0.001 mm; C – Clay <0.001 mm; FF – Fine fraction <0.01 mm; M – Moisture; BD – Bulk density

Bulk density as an indicator of physical recovery. The correlation pattern supports a straightforward physical interpretation: in these post-mining soils/substrates, bulk density largely tracks the textural gradient from coarse to fine materials. Coarse sand-dominated dump or reworked materials commonly show lower bulk density because of looser packing and larger pores, whereas finer materials can pack more densely (especially when aggregation and organic binding agents are still weak during early-to-mid recovery). Therefore, differences in bulk density among reclaimed, naturally recovering, and undisturbed soils should be discussed together with their granulometric composition—bulk density alone can be misleading if the underlying material differs strongly in texture.

The absence of a moisture–bulk density relationship is expected under semi-arid field conditions because gravimetric

moisture is highly dynamic and depends on recent rainfall, evaporation, plant water uptake, and depth. A compacted layer can reduce infiltration and increase runoff, but moisture at sampling dates may still be driven more by depth-controlled evaporation gradients and episodic wetting than by bulk density per se. This is consistent with your profiles where moisture often increases with depth even when the substrate is coarse. In other words, field moisture during the growing season behaves more like a “state variable” (current hydrological status) than an inherent capacity indicator.

These opposite associations suggest that field moisture responded more strongly to the balance among silt subfractions than to the integrated fine fraction alone, which is consistent with the profile-specific and seasonally dynamic nature of soil moisture under semi-arid conditions.

Principal component analysis (PCA) based on the full set of granulometric

fractions (Kachinsky system) and gravimetric soil moisture separated the three site types in the PC1–PC2 space. The first two components explained 80.8% of the total variance (PC1=57.6%, PC2=23.2%). In the score plot with 95% confidence ellipses, the undisturbed reference (NO) formed a distinct cluster primarily along

PC2, whereas the reclaimed site (RN) occupied predominantly negative PC2 scores. The naturally revegetated dump (NP) showed the broadest dispersion and was shifted mainly along PC1, indicating higher internal heterogeneity of the dump material and moisture regime compared with RN and NO (figure 5).

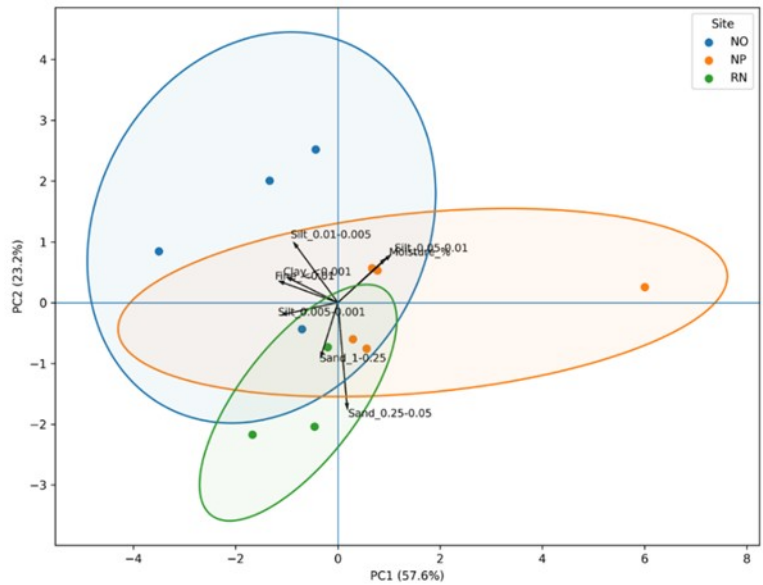


Figure 5 - PCA score plot (PC1 vs PC2) based on granulometric fractions (Kachinsky system) and gravimetric soil moisture for reclaimed (RN), naturally revegetated (NP) and undisturbed (NO) sites. Ellipses represent 95% confidence regions for each site type

The separation along PC1 reflects a dominant granulometric–moisture gradient associated with dump heterogeneity: NP includes layers with strongly contrasting textures and moisture conditions, which expands its ellipse and shifts some NP points to the positive PC1 region. This pattern is consistent with the presence of a deep, coarse layer in the naturally recovering dump that differs sharply from the upper layers and from the reference soil. In contrast, RN samples are more compact in PCA space, indicating that placement of a loam substrate layer produced a more uniform near-surface physical medium compared with the naturally recovering dump. The reference soil (NO) separates from disturbed substrates because of its

more developed natural particle-size structure and comparatively stable pedogenic organization, which is captured by the PC2 gradient and results in a clearly displaced ellipse.

CONCLUSION

This study evaluated post-mining soil physical recovery at the Zhanatas phosphorite deposit in the semi-arid zone of southern Kazakhstan using granulometric fractions (Kachinsky system), bulk density, and gravimetric soil moisture across three site types: a reclaimed dump (technical reclamation in 2012 and biological reclamation in 2013), a naturally revegetated dump undergoing passive self-recovery since 1984, and an undisturbed reference soil.

Overall, the reclaimed site exhibited a comparatively stable near-surface particle-size distribution, with a fine fraction (<0.01 mm) close to that of the upper layers of the naturally revegetated dump, indicating that the placement of a loam substrate layer successfully formed a functional growth medium at the surface. In contrast, the naturally revegetated dump showed strong vertical heterogeneity, including a deep coarse-textured layer characterized by very low fine material, which represents a persistent physical limitation for water retention and rooting in semi-arid conditions. The undisturbed reference soil consistently contained the highest proportion of fine particles and clay-sized material, reflecting the local baseline of soil physical condition.

Multivariate analysis supported these patterns: PCA clearly differentiated site types and highlighted higher internal variability in the naturally recovering dump compared with the reclaimed site. Correlation analysis indicated that bulk density was primarily linked to texture (coarse fractions tending to lower density), whereas field moisture during the growing season showed weak and inconsistent linear associations with density, emphasizing the dynamic nature of moisture under semi-arid climate and the importance of

interpreting it together with depth and texture.

From a reclamation management perspective, the results suggest that successful restoration of phosphorite mine dumps in semi-arid environments should focus not only on surface stabilization, but also on reconstruction of a physically functional root zone. In practical terms, this means prioritizing the placement and preservation of a sufficiently thick fine-textured growth layer, minimizing abrupt textural discontinuities between surface and subsurface materials, and avoiding excessive compaction during grading and substrate handling. Because the reclaimed site showed improved near-surface physical conditions but still strong surface drying during the warm season, post-reclamation monitoring should include repeated measurements of bulk density and seasonal soil moisture to evaluate whether reconstructed substrates are developing toward more stable hydro-physical functioning.

Future studies should include repeated seasonal measurements of soil moisture and related hydrophysical properties to better characterize the hydrological regime and improve assessment of post-mining soil recovery trajectories.

FUNDING

This research was funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Project No. AP25794413).

REFERENCES

1. Bradshaw A.D. Restoration of mined lands using natural processes // *Ecological Engineering*. – 1997. – Vol. 8, № 4. – P. 255–269. – DOI: 10.1016/S0925-8574(97)00022-0.
2. Wong M.H. Ecological restoration of mine degraded soils, with emphasis on metal contaminated soils // *Chemosphere*. – 2003. – Vol. 50, № 6. – P. 775–780. – DOI: 10.1016/S0045-6535(02)00232-1.
3. Sheoran V., Sheoran A.S., Poonia P. Soil Reclamation of Abandoned Mine Land by Revegetation: A Review // *International Journal of Soil, Sediment and Water*. – 2010. – Vol. 3, № 2. – P. 13.
4. Tordoff G.M., Baker A.J.M., Willis A.J. Current approaches to the revegetation and reclamation of metalliferous mine wastes // *Chemosphere*. – 2000. – Vol. 41, № 1–2.

– P. 219–228. – DOI: 10.1016/S0045-6535(99)00414-2.

5. Feng Y., Wang J., Bai Z., Reading L. Effects of surface coal mining and land reclamation on soil properties: A review // *Earth-Science Reviews*. – 2019. – Vol. 191.

– P. 12–25. – DOI: 10.1016/j.earscirev.2019.02.015.

6. Mendez M.O., Maier R.M. Phytostabilization of mine tailings in arid and semiarid environments—an emerging remediation technology // *Environmental Health Perspectives*. – 2008. – Vol. 116, № 3. – P. 278–283. – DOI: 10.1289/ehp.10608.

7. Hu X., Gao Z., et al. Early-stage reclamation of open-pit mines in arid and semiarid regions: A tri-tiered evaluation of soil bacterial communities, functional genes, and physicochemical properties // *Applied Soil Ecology*. – 2025. – Vol. 216. – Art. 106503. – DOI: 10.1016/j.apsoil.2025.106503.

8. Saxton K.E., Rawls W.J. Soil water characteristic estimates by texture and organic matter for hydrologic solutions // *Soil Science Society of America Journal*. – 2006. – Vol. 70, № 5. – P. 1569–1578. – DOI: 10.2136/sssaj2005.0117.

9. Shukla M.K., Lal R., Ebinger M.H. Physical and chemical properties of a minespoil eight years after reclamation in northeastern Ohio // *Soil Science Society of America Journal*. – 2005. – Vol. 69, № 4. – P. 1288–1297. – DOI: 10.2136/sssaj2004.0221.

10. Shrestha R.K., Lal R. Changes in physical and chemical properties of soil after surface mining and reclamation // *Geoderma*. – 2011. – Vol. 161, № 3–4. – P. 168–176. – DOI: 10.1016/j.geoderma.2010.12.015.

11. Shrestha R.K., Lal R. Land use impacts on physical properties of 28-year-old reclaimed mine soils in Ohio // *Plant and Soil*. – 2008. – Vol. 306. – P. 249–260. – DOI: 10.1007/s11104-008-9578-4.

12. Nawaz M.F., Bourrié G., Trolard F. Soil compaction impact and modelling: A review // *Agronomy for Sustainable Development*. – 2013. – Vol. 33. – P. 291–309. – DOI: 10.1007/s13593-011-0071-8.

13. Ahirwal J., Maiti S.K. Assessment of soil properties of different land uses generated due to surface coal mining activities in tropical forest, India // *Catena*. – 2016. – Vol. 140. – P. 155–163. – DOI: 10.1016/j.catena.2016.01.028.

14. Kołodziej B., Bryk M., et al. Soil physical properties of agriculturally reclaimed area after lignite mine: a case study from Central Poland // *Soil & Tillage Research*. – 2016. – Vol. 163. – P. 54–63. – DOI: 10.1016/j.still.2016.05.001.

15. Toktar M., Lo Papa G., Kozybayeva F.E., Dazzi C. Ecological restoration in contaminated soils of Kokdzhon phosphate mining area (Zhambyl region, Kazakhstan) // *Ecological Engineering*. – 2016. – Vol. 86. – P. 1–4. – DOI: 10.1016/j.ecoleng.2015.09.080.

16. Toktar M., Lo Papa G., Kozybayeva F.E., Dazzi C. Soils and plants in an anthropogenic dump of the Kokdzhon phosphorite mine (Kazakhstan) // *EQA – International Journal of Environmental Quality*. – 2017. – № 26. – P. 13–22. – DOI: 10.6092/issn.2281-4485/7285.

17. Konyshbayeva A., Yessimsiitova Z., Toktar M., et al. Result of reclamation of man-made dumps from phosphorite deposits in the semi-desert zone of Kazakhstan // *PLOS ONE*. – 2025. – Vol. 20, № 2. – Art. e0317500. – DOI: 10.1371/journal.pone.0317500.

18. Stutler K., Peña-Yewtukhiw E., Skousen J. Mine soil health on surface-mined lands reclaimed to grassland // *Geoderma*. – 2022. – Vol. 413. – Art. 115764. – DOI: 10.1016/j.geoderma.2022.115764.

19. Mukhopadhyay S., Maiti S.K., Mastro R.E. Development of mine soil quality index (MSQI) for evaluation of reclamation success: A chronosequence study // *Ecological Engineering*. – 2014. – Vol. 71. – P. 10–20. – DOI: 10.1016/j.ecoleng.2014.07.001.

20. Betancur-Corredor B., et al. Changes of Technosol properties and vegetation structure along a chronosequence of dredged sediment deposition in areas with alluvial gold mining in Colombia // Journal of Soils and Sediments. – 2020. – Vol. 20. – P. 2377–2394. – DOI: 10.1007/s11368-019-02551-9.

21. Kachinsky, N.A. Mechanical and microaggregate composition of soils and methods for its investigation. – М.: USSR Academy of Sciences, 1958. – 192 p.

22. Zamulina I., Burachevskaya M., Mandzhieva S., Bauer T. Methodological aspects in the studying of soil particle size distribution under contamination and after reclamation // E3S Web of Conferences. – 2020. – Vol. 169. – Art. 01025. – DOI: 10.1051/e3sconf/202016901025.

23. ISO 11272:2017. Soil quality - Determination of dry bulk density. – Geneva: International Organization for Standardization, 2017. – 14 p.

24. FAO. Soil water content: gravimetric method 1 (Physical Properties – Exercise P06b): methodological guidance. – Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

ТҮЙІН

Қ. Құлымбет^{1*}, М. Тоқтар^{1,2}, Д. Рашидұлы³

ЖАРТЫЛАЙ АРИДТІ ЖАҒДАЙДА КЕН ӨНДІРУДЕН КЕЙІНГІ ТОПЫРАҚТЫҢ ҚАЛПЫНА КЕЛУІ БАРЫСЫНДА ГРАНУЛОМЕТРИЯЛЫҚ ҚҰРАМ, ҚӨЛЕМДІК ТЫҒЫЗДЫҚ ЖӘНЕ ТОПЫРАҚ ЫЛҒАЛДЫЛЫҒЫ АРАСЫНДАҒЫ БАЙЛАНЫСТАР

¹Ө.Ө. Оспанов атындағы Қазақ топырақтану және агрохимия ғылыми-зерттеу институты, 050060, Алматы, Байрақ көшесі, 10, Қазақстан,

*e-mail: qulymbet.qanat@gmail.com

²Satbayev University, 050013, Алматы, Сәтбаев көшесі, 22, Қазақстан,

³Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, 050010, Алматы, Достық даңғылы, 13, Қазақстан

Жартылай аридті аймақтардағы фосфорит өндіруден кейінгі ландшафттарда өсімдік жамылғысының орнығуын қиындататын және топырақтың қалпына келуін баяулататын физикалық шектеулер ұзақ сақталады. Біз Оңтүстік Қазақстандағы Жанатас фосфорит кен орнында топырақтың физикалық қалпына келуін үш учаске түрін салыстыру арқылы бағаладық: (i) рекультивацияланған үйінді (2012 ж. техникалық, 2013 ж. биологиялық рекультивация; аумағы шамамен 2 га; құмбалшық субстратының қабаты ~50 см; өсімдіктердің орнығуы 70–75%), (ii) 1984 жылы жабылғаннан кейін табиғи түрде өздігінен қалпына келіп жатқан үйінді (өсімдік жамылғысы төмен, ~9,5–10%), және (iii) бүлінбеген эталондық (бақылау) учаске. 2025 жылдың мамыр–қыркүйек айларында әр учаскеде үш топырақ қимасы қазылып, генетикалық горизонттар бойынша үлгілер алынды. Барлық учаскелерде құм фракциялары басым болды, бірақ ұсақ фракцияның (<0,01 мм) үлесі қалпына келу жолына қарай айқын өзгерді. Рекультивацияланған учаскеде үстіңгі қабаттың текстурасы тұрақты болды (<0,01 мм=31,97–34,93% 0–40 см), бұл табиғи қалпына келу учаскесінің жоғарғы горизонттарымен ұқсас (28,60–30,34% 0–70 см). Алайда табиғи қалпына келіп жатқан үйіндінің терең қабаты (70–110 см) өте ірі түйірлі болып шықты (құм - 89,89%; <0,01 мм - 8,87%), яғни техногендік субстратта тұрақты текстуралық контраст сақталған. Бүлінбеген топырақта ұсақ фракция ең жоғары болды (<0,01 мм = 34,57–45,05%). Ылғалдылық 2,09%-дан (рекультивация 0–10 см) 11,69%-ға дейін (үйінді 70–110 см) өзгерді. РСА талдауы учаскелерді айқын ажыратып, ең жоғары ішкі әртектілік табиғи қалпына келіп жатқан үйіндіде екенін көрсетті. Рекультивация үстіңгі қабаттың физикалық жағдайын жақсартады, бірақ эталондық топыраққа толық жақындау профилдегі күшті текстуралық контрасттармен шектеледі.

Түйінді сөздер: фосфорит өндіру, жерді рекультивациялау, табиғи-грунтта қайта өсу, гранулометриялық құрам, РСА талдауы.

РЕЗЮМЕ

Қ. Құлымбет^{1*}, М. Тоқтар^{1,2}, Д. Рашидұлы³

ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИМ СОСТАВОМ, ОБЪЁМНОЙ МАССОЙ И ВЛАЖНОСТЬЮ ПОЧВЫ В ПРОЦЕССЕ ПОСТГОРНОДОБЫЧНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОЧВ В ПОЛУЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЯХ

¹*Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова, 050060, Алматы, ул. Байрак, 10, Казахстан,*

**e-mail: qulymbet.qanat@gmail.com*

²*Satbayev University, Satbayev University, 050013, Алматы, ул. Сампаева, 22, Казахстан*

³*Казахский национальный педагогический университет им. Абая, 050010, Алматы, пр. Достык, 13, Казахстан*

Постгорнодобывающие фосфоритовые ландшафты в полузасушливых регионах часто сохраняют физические ограничения, которые затрудняют закрепление растительности и замедляют восстановление почв. Нами проведена оценка физического восстановления почв на фосфоритовом месторождении Жанатас (Южный Казахстан) в сравнении трех типов участков: (i) рекультивированный отвал (техническая рекультивация в 2012 г., биологическая - 2013 г.; площадь ~2 га; слой суглинистого субстрата ~50 см), (ii) отвал на естественном самовосстановлении после закрытия в 1984 г. с низким растительным покровом (~9,5–10%), и (iii) ненарушенный контрольный участок. В мае–сентябре 2025 г. на каждом участке было заложено по три почвенных разреза и выполнен отбор проб по генетическим горизонтам. На всех участках преобладали песчаные фракции, однако доля тонкой фракции (<0,01 мм) существенно различалась. На рекультивированном участке гранулометрический состав верхней толщи стабилен (<0,01 мм=31,97–34,93% на 0–40 см) и сопоставим с верхними горизонтами участка самовосстановления (28,60–30,34% на 0–70 см). Напротив, глубокий слой самовосстанавливающегося отвала (70–110 см) был крайне грубозёмистым (песок - 89,89%; <0,01 мм - 8,87%), что указывает на устойчивую текстурную неоднородность. В ненарушенной почве доля тонкой фракции была максимальной (<0,01 мм=34,57–45,05%). Влажность варьировала от 2,09% (рекультивация 0–10 см) до 11,69% (отвал 70–110 см). Анализ РСА разделил типы участков и показал наибольшую неоднородность на отвале, находящемся в стадии естественного самовосстановления. Рекультивация улучшает физическое состояние верхнего слоя, однако полное сближение с фоновыми почвами ограничивается выраженными текстурными контрастами в профиле.

Ключевые слова: фосфоритовая добыча, рекультивация земель, естественное зарастание почвогрунта, гранулометрический состав, анализ главных компонент (РСА).

INFORMATION ABOUT ALL AUTHORS

1. Kulymbet Kanat – Senior Researcher of Department of Ecology, PhD, <https://orcid.org/0000-0003-1864-8166>, e-mail: qulymbet.qanat@gmail.com

2. Toktar Murat – Associate Professor of Department of Mine Surveying and Geodesy, PhD, <https://orcid.org/0000-0002-0953-7491>, e-mail: murat-toktar@mail.ru

3. Rashiduly Didar – PhD-candidate of Abai Kazakh National Pedagogical University, <https://orcid.org/0000-0002-0953-7491>, e-mail: didarrasituly@gmail.com

АГРОХИМИЯ

ГРНТИ 68.33.29

DOI: 10.51886/1999-740X_2026_2_35

Б.М. Амиров^{1*}, С.О. Базарбаев¹, О.С. Жандыбаев¹**МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА
ФОРМИРОВАНИЕ СИЛОСНОЙ БИОМАССЫ КУКУРУЗЫ В УСЛОВИЯХ
ЗАСОЛЁННЫХ ПОЧВ ЮГА КАЗАХСТАНА**

¹*Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии
имени У.У. Успанова, 050060, Алматы, ул. Байрак, 10, Казахстан,*

**e-mail: bak.amirov@gmail.com*

Аннотация. В статье представлены результаты полевых исследований по оценке влияния доз и соотношений минеральных удобрений на урожайность силосной массы кукурузы в условиях различной степени засоленности почв юга Казахстана. Исследования проведены на светлых серозёмах Отырарского района Туркестанской области на двух фонах засоленности почвы (0,13 и 0,59% суммы солей). Объектом изучения служил гибрид кукурузы *Gladius F1* (FAO 700). Изучались дозы удобрений в диапазоне N0–150, P0–120, K0–90. Оценивались биометрические показатели, урожайность силосной массы, а также экономическая эффективность применения удобрений. Установлено, что на слабозасоленных почвах применение минеральных удобрений обеспечивало достоверное повышение урожайности силосной массы кукурузы до 84,5–90,7 т/га, что на 41,4–56,5% выше контроля. При средней засоленности продуктивность снижалась более чем в 2 раза, а эффективность высоких доз азота уменьшалась вследствие усиления солевого стресса. С использованием многомерного регрессионного анализа получена модель с высокой степенью достоверности ($R^2=0,993$; $F=586,94$; $p < 0,001$), подтверждающая доминирующее отрицательное влияние засоления и нелинейный характер отклика культуры на удобрения. На слабо засоленных почвах экономически оправдано применение минеральных удобрений в дозах N100–150, P80, K30–60 кг д.в./га, что обеспечивает максимальную прибыль (до 1194 тыс. тг/га) и рентабельность 270–300%. На средне засоленных почвах оптимальной является система умеренного удобрения N50P80K30–60, позволяющая сохранить положительную рентабельность при минимальных рисках потери урожая. Для обеих степеней засоления отмечено, что фосфорно-калийное питание играет защитную роль, повышая устойчивость кукурузы к засолению, тогда как избыточное азотное питание без фосфора снижает экономическую эффективность. Полученные результаты подтверждают необходимость дифференцированного и адаптивного подхода к системе удобрения кукурузы на силос с учетом степени засоления почв.

Ключевые слова: кукуруза, силосная масса, засоленные почвы, минеральные удобрения, урожайность, моделирование, экономическая эффективность.

ВВЕДЕНИЕ

Засоление почв является одной из наиболее серьезных экологических и аграрных проблем, особенно в засушливых и орошаемых регионах. По данным Глобальной карты засоленных почв (GSASmap), около 1 381 млн га, или 10,7% площади суши, подвержены засолению [1]. Наиболее пострадавшими регионами являются Австралия, Аргентина и Казахстан.

В засушливых и полузасушливых зонах Южного Казахстана засоление пахотных земель формируется под воздействием природных факторов - интенсивного испарения, близкого залегания грунтовых вод, а также антропогенных причин, включая нерациональное орошение, недостаточную дренированность и несбалансированное применение удобрений [2, 3]. В более широком масштабе Центральной

Азии негативное влияние усиливается дефицитом водных ресурсов, изменением климата и низкой эффективностью оросительно-дренажной инфраструктуры [4].

Одной из приоритетных задач сельского хозяйства Казахстана является увеличение производства зерна и кормов. Кукуруза - перспективная и высокоурожайная кормовая культура, широко возделываемая преимущественно в южных регионах страны [5]. Значительная часть урожая используется на силос, отличающийся высокой питательной ценностью, что определяет важную роль кукурузы в кормопроизводстве [6, 7].

Эффективность минерального питания является ключевым фактором формирования урожайности кукурузы, особенно на засоленных почвах [8]. Кукуруза (*Zea mays L.*) чувствительна к засолению, особенно на ранних этапах роста. Повышенная концентрация солей отрицательно влияет на прорастание семян, развитие растений и урожайность [9, 10]. При этом культура характеризуется высоким откликом на внесение азотных и фосфорных удобрений [11].

В этих условиях математическое моделирование и регрессионный анализ являются важными инструментами агрохимических исследований, позволяя количественно оценить влияние засоленности и минерального питания на продуктивность культур и обосновать оптимальные агротехнологические решения [12–16].

Таким образом, разработка и апробация моделей оптимизации минерального питания кукурузы на силос в условиях засоленных почв юга Казахстана является актуальной научно-практической задачей, направленной на повышение эффективности использования удобрений, устойчивости агроэкосистем и сохранение почвенного плодородия.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Полевые исследования с кукурузой на силос проведены на опытных полях ТОО «Сарқырама» в Отырарском районе Туркестанской области (координаты-42°42'21.1"С.Ш. 68°20'06.0"В.Д.).

Объектом исследования являются светлые серозёмы Шаульдерского массива различной степени засоления, расположенного в зоне аридного и полуаридного климата, где засоление является одной из ключевых агроэкологических проблем. Ограниченное естественное вымывание и высокая испаряемость способствуют накоплению в почвах хлоридов, сульфатов и карбонатов, что существенно ограничивает сельскохозяйственное использование земель и требуют применения специальных мелиоративных мероприятий.

Анализ метеорологических показателей (данные метеостанции г. Арыс) за период октябрь 2024 – сентябрь 2025 гг. (рисунок 1) показал неравномерное распределение осадков и устойчивое превышение средних многолетних температур.

Сумма осадков составила 211,6 мм, что на 31,2 мм ниже нормы, при максимуме в октябре (49,1 мм). Летний период характеризовался выраженной засушливостью. Среднегодовая температура воздуха достигла 15,2°C, превысив норму на 3,1°C, с наибольшими положительными аномалиями весной и летом.

Положительные температурные аномалии сохранялись также в течение лета. Среднемесячная температура в июне, июле и августе составила соответственно 29,4°C, 31,0°C и 29,0°C, что указывает на жаркий и сухой летний период, характерный для континентального климата южных регионов Казахстана.

Таким образом, период с октября 2024 по сентябрь 2025 г. характеризовался тёплыми и маловлажными усло-

виями с неравномерным распределением осадков, дефицитом влаги весной и летом, что способствовало иссушению почв, усилению аккумуляции солей и

снижению доступности питательных веществ для растений на засоленных почвах.

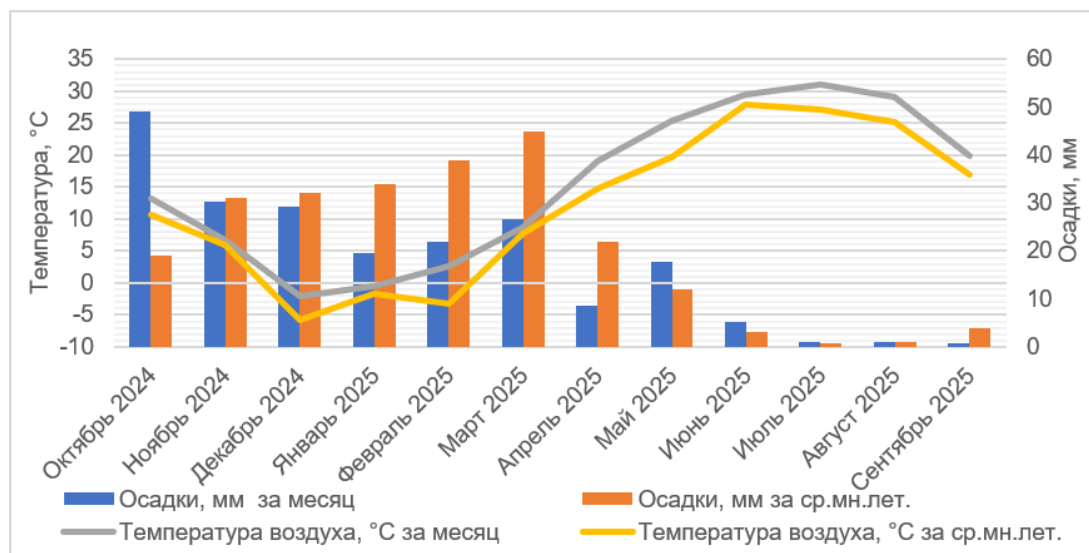


Рисунок 1 – Метеорологические показатели за период октябрь 2024 г. - октябрь 2025 г.

Посев кукурузы был проведён 14 мая 2025 г. с использованием сертифицированных семян высокопродуктивного гибрида 'Gladius F1' (FAO 700, Syngenta, Италия) двойного назначения, характеризующегося устойчивостью к полеганию, развитым фотосинтетическим аппаратом и высокой адаптивностью к почвенным условиям.

Полевые опыты закладывались на двух фонах засоления почвы (слабом и среднем) по ортогональному плану с четырьмя факторами: фон засоления (2 уровня), азот, фосфор и калий (по 4 уровня), всего 32 комбинации; площадь деланки составляла 50 м². В качестве удобрений использовали аммиачную селитру, аммофос и сульфат калия, внесённые однократно перед посевом.

Агротехника соответствовала региональным рекомендациям, включающим зяблевую вспашку, ранневесеннее боронование, ранневесеннюю промывку, предпосевную обработку, посев, две междурядные обработки и три бороздковых полива. Почвенные пробы

отбирали до и после промывки перед посевом и в ключевые фазы вегетации до глубины 100 см; агрохимические анализы выполняли по общепринятым методикам: содержание гумуса - по Тюрину (ГОСТ 26207-91); легкогидролизующий азот, мг/кг, метод Тюрина-Кононовой; подвижный фосфор (P₂₀), мг/кг - ГОСТ-26205-91; обменный калий (K₂₀), мг/кг - ГОСТ-26205-31; pH (водный) - ГОСТ-26423-85; водная вытяжка - ГОСТ 26423-85-26428-85. В основные фазы вегетации проводили биометрические исследования и отбор растительных образцов [17-19]. Экономическая эффективность изучаемых вариантов удобрений определялась с учетом фактических технологических затрат и стоимости использованных средств.

Статистическая обработка полученных данных проведена методом дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов с использованием программного приложения Excel, позволяющего вести последовательную

оценку и исключение незначимых коэффициентов регрессии ($P < 0,05$). Согласованность теоретических и фактических данных оценивалась с использованием коэффициента детерминации (R^2).

Действия и взаимодействия изучаемых факторов были представлены полиномиальной моделью половинной степени в виде:

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + a_4X_4 + a_5X_1^{0,5} + a_6X_2^{0,5} + a_7X_3^{0,5} + a_8X_4^{0,5} + a_9(X_1X_2)^{0,5} + a_{10}(X_1X_3)^{0,5} + a_{11}(X_1X_4)^{0,5} + a_{12}(X_2X_3)^{0,5} + a_{13}(X_2X_4)^{0,5} + a_{14}(X_3X_4)^{0,5}; \quad (1)$$

где:

Y – результирующий (зависимый) фактор (урожайные параметры);

a_0 – свободный член; $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ – регрессионные коэффициенты, отражающие действие и взаимодействие факторов;

Изучаемые независимые факторы (X_1 – сумма солей, %; X_2 – азотные, X_3 – фосфорные и X_4 – калийные удобрения, кг/га).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования показали, что степень засоления существенно влияет на агрохимические свойства серозёмов под кукурузой. В слабозасолённых почвах содержание гумуса в слое 0–25 см составляло 1,7%, снижаясь до 0,5% на глубине 75–100 см (в среднем 0,9%), тогда как в средnezасолённых почвах оно уменьшалось до 0,1–0,5% (в среднем 0,3%).

Промывные поливы существенно изменяли водный режим и содержание подвижных форм элементов питания (таблица 1).

Таблица 1 – Динамика влажности, содержания подвижных форм питательных элементов до и после промывки серозёма светлого под кукурузой, весна, 2025 г.

Параметры	До промывки (20 марта 2025 г.)					После промывки (1 мая 2025 г.)				
	слой почвы, см					слой почвы, см				
	0-25	25-50	50-75	75-100	0-100	0-25	25-50	50-75	75-100	0-100
Фон - слабозасолённый										
Влажность почвы, %	26,3	22,5	17,7	20,8	21,8	23,8	20,6	22,4	18,6	21,4
N л.г, мг/кг	94,5	98,0	56,0	52,5	75,3	49,0	45,5	42,0	35,0	42,9
Подвижный фосфор, мг/кг	26,0	12,0	8,0	6,0	13,0	16,0	2,0	0,0	0,0	4,5
Обменный калий, мг/кг	850	420	290	240	450	460	340	220	140	290
Фон - средnezасолённый										
Влажность почвы, %	13,9	10,7	10,1	8,1	10,6	20,8	19,6	20,6	24,3	21,3
N л.г, мг/кг	56,0	42,0	36,4	53,2	46,9	42,0	33,6	30,8	25,2	32,9
Подвижный фосфор, мг/кг	18,0	4,0	4,0	4,0	7,50	18,0	4,0	0,0	0,0	5,5
Обменный калий, мг/кг	440	270	180	100	248	500	340	210	140	298

После промывки влажность слабозасолённых почв выравнивалась по профилю, а на средnezасолённом фоне возрастала почти вдвое (с 10,7 до 21,3%), что свидетельствует о выраженном промывном эффекте и вероят-

ном вымывании солей из верхних горизонтов.

Одновременно отмечено снижение содержания питательных элементов: легкогидролизуемый азот уменьшался с 75,3 до 42,9 мг/кг на слабозасоленных и с 46,9 до 32,9 мг/кг на

среднезасоленных почвах, подвижный фосфор - до 4,5–5,5 мг/кг, обменный калий - с 450 до 290 мг/кг.

Анализ состава поглощенных оснований почв показал значительные различия между слабо- и среднезасоленными участками (таблица 2).

Таблица 2 – Содержание поглощенных оснований в серозёме светлом под кукурузой, весна, 2025 г. мг-экв/100г. почвы

Параметры	Фон - слабозасоленный					Фон - среднезасоленный				
	слой почвы, см					слой почвы, см				
	0-25	25-50	50-75	75-100	0-100	0-25	25-50	50-75	75-100	0-100
Na ⁺	0,240	0,167	0,297	0,075	0,195	11,936	9,904	2,346	1,458	6,411
K ⁺	0,890	0,400	0,300	0,070	0,415	0,600	0,420	0,050	0,090	0,290
Ca ²⁺	9,410	7,430	6,440	5,940	7,305	12,870	15,84	14,85	6,930	12,62
Mg ²⁺	5,450	4,950	4,460	7,430	5,573	5,450	7,430	7,430	6,440	6,688

На слабозасоленном фоне преобладают Ca²⁺ и Mg²⁺, обеспечивая кальциево-магниевый тип поглощения с устойчивой структурой. Содержание кальция 5,94-9,41 мг-экв/100 г (\bar{x} =7,31), магния 4,46-7,43 мг-экв/100 г (\bar{x} =5,57), калия 0,07-0,89 мг-экв/100 г (\bar{x} =0,42), содержание Na⁺ крайне низкое - 0,075-0,297 мг-экв/100 г (\bar{x} =0,195). В среднезасоленных почвах Na⁺ резко увеличивается до 1,458-11,936 мг-экв/100 г (\bar{x} =6,41), K⁺ снижается до 0,29 мг-экв/100 г, а Ca²⁺ и Mg²⁺ достигают 12,62 и 6,69 мг-экв/100 г соответственно. Натриевый тип засоления ухудшает структуру, снижает водопроницаемость и доступность питательных элементов.

Анализ водной вытяжки почв показал значительные различия между слабо- и среднезасоленными участками, а также динамику солевого состава после промывных поливов (таблица 3).

На слабозасоленном фоне суммарное содержание солей оставалось почти на исходном уровне (0,129-0,126%). На

среднезасоленном фоне до промывки сумма солей достигала в среднем 0,91%, после промывки показатели снизились до 0,59%, особенно в верхних горизонтах (0-50 см).

Таким образом, промывка улучшала водный режим, но сопровождалась потерями элементов питания, что требует дополнительного внесения удобрений перед посевом кукурузы.

Урожайные показатели кукурузы в зависимости от уровня засоленности почвы и удобрений значительно различались (таблица 4). При слабой засоленности (0,13%) наблюдалось хорошее развитие растений: густота стояния составляла 47,7–57,3 тыс. шт./га, количество початков - 10 шт./10 растений, что указывает на полноценное формирование генеративных органов. При этом масса сырых початков возрастала от 5193 до 6987 г/10 растений в зависимости от доз удобрений. На среднезасоленных почвах (0,59%) густота и продуктивная активность снижались:

количество початков уменьшалось до 6,7–8,7 шт./10 растений, масса сырых початков - до 2067–2767 г/10 растений, что сопровождалось снижением общей биомассы растений и выхода силосной массы урожая.

Таблица 3 – Состав водной вытяжки серозёмов светлых под кукурузой, весна, 2025 г.

Параметры	Перед промывкой (20 марта 2025 г.)					Перед посевом (1 мая 2025 г.)				
	слой почвы, см					слой почвы, см				
	0-25	25-50	50-75	75-100	0-100	0-25	25-50	50-75	75-100	0-100
Фон - слабозасоленный										
Сумма солей, %	0,198	0,110	0,109	0,099	0,129	0,136	0,144	0,113	0,112	0,126
Общая в НСО ₃ - мг/экв	0,640	0,440	0,400	0,400	0,470	0,400	0,440	0,360	0,360	0,390
СО ₃ , мг/экв	0,000	0,080	0,000	0,000	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cl ⁻ , мг/экв	0,110	0,150	0,110	0,110	0,120	0,110	0,070	0,110	0,070	0,090
SO ₄ ²⁻ , мг/экв	1,990	0,960	1,060	0,940	1,238	1,430	1,570	1,180	1,200	1,345
Ca ⁺⁺ , мг/экв	1,120	0,560	0,560	0,470	0,678	0,650	0,750	0,470	0,470	0,585
Mg ⁺⁺ , мг/экв	0,560	0,380	0,560	0,560	0,515	0,560	0,660	0,660	0,660	0,635
Na ⁺ , мг/экв	0,670	0,470	0,380	0,380	0,475	0,560	0,610	0,480	0,460	0,528
K ⁺ , мг/экв	0,380	0,140	0,060	0,030	0,153	0,170	0,070	0,040	0,040	0,080
Фон - средnezасоленный										
Сумма солей, %	0,878	1,117	0,618	1,024	0,909	0,375	0,574	0,490	0,933	0,593
Общая в НСО ₃ - мг/экв	0,36	0,32	0,24	0,32	0,310	0,320	0,400	0,360	0,320	0,350
СО ₃ , мг/экв	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,080	0,000	0,020
Cl ⁻ , мг/экв	1,27	0,84	1,05	1,24	1,100	0,250	0,730	0,550	0,550	0,520
SO ₄ ²⁻ , мг/экв	11,15	15,19	7,78	13,44	11,89	4,940	7,350	6,280	13,04	7,903
Ca ⁺⁺ , мг/экв	4,3	8,6	2,24	6,92	5,515	2,430	2,340	1,400	5,610	2,945
Mg ⁺⁺ , мг/экв	0,94	1,41	0,94	0,94	1,058	1,310	1,870	1,400	3,270	1,963
Na ⁺ , мг/экв	7,25	6,14	5,86	7,06	6,578	1,540	4,110	4,300	4,960	3,728
K ⁺ , мг/экв	0,3	0,21	0,03	0,08	0,155	0,230	0,170	0,090	0,070	0,140

Таблица 4 - Показатели продуктивности кукурузы в зависимости от уровня засоленности почвы и удобрений, 2025 г.

№ вар.	Сумма солей в 100 см слое почвы, %	Дозы минеральных удобрений, кг д.в./га			Густота стояния растений тыс. шт/га	Кол-во початков, шт/10 растений	Масса сырых початков в обертке, г/10 растений	Выход силосной массы, т/га	Отклонение от контроля, %
		N	P	K					
1	0,13	0	0	0	47,7	10,0	5193	57,9	0,0
2	0,13	0	40	30	49,7	10,0	4943	61,2	5,7
3	0,13	0	80	60	50,7	10,0	5207	66,7	15,1
4	0,13	0	120	90	47,7	10,3	5760	66,5	14,8
5	0,13	50	0	30	52,3	10,0	5642	66,4	14,7
6	0,13	50	40	0	52,7	10,3	6127	73,7	27,2
7	0,13	50	80	90	57,3	10,0	6213	81,1	40,1
8	0,13	50	120	60	55,7	10,0	6460	81,9	41,4
9	0,13	100	0	60	53,7	10,0	6227	76,8	32,6
10	0,13	100	40	90	57,0	10,0	6287	83,5	44,1
11	0,13	100	80	0	53,7	10,0	6413	77,7	34,1
12	0,13	100	120	30	57,3	10,3	6333	84,5	45,9
13	0,13	150	0	90	48,3	10,3	6590	73,9	27,5
14	0,13	150	40	60	52,0	10,0	6843	81,7	41,0
15	0,13	150	80	30	56,3	10,0	6987	90,7	56,5
16	0,13	150	120	0	54,7	10,0	6957	89,6	54,6
17	0,59	0	0	0	42,3	7,7	2067	23,0	-60,3
18	0,59	0	40	30	37,7	8,3	2253	22,2	-61,6
19	0,59	0	80	60	37,7	8,7	2680	26,1	-55,0
20	0,59	0	120	90	43,3	8,0	2767	30,6	-47,2
21	0,59	50	0	90	37,7	7,7	2260	24,9	-57,1
22	0,59	50	40	60	39,7	7,0	2427	26,5	-54,2
23	0,59	50	80	30	44,7	7,3	2580	30,1	-48,1
24	0,59	50	120	0	40,0	8,0	2737	28,7	-50,4
25	0,59	100	0	60	34,7	7,3	2407	23,0	-60,3
26	0,59	100	40	90	40,7	6,7	2493	27,0	-53,4
27	0,59	100	80	0	39,0	6,7	2517	25,9	-55,3
28	0,59	100	120	30	40,3	7,7	2567	28,1	-51,6
29	0,59	150	0	30	36,3	7,0	2133	22,9	-60,4
30	0,59	150	40	0	34,7	7,7	2323	22,4	-61,3
31	0,59	150	80	90	33,7	8,0	2373	22,6	-61,0
32	0,59	150	120	60	37,7	6,7	2417	24,5	-57,6
	НСР05				5,5	1,4	508,2	2,52	
	Точность опыта, %				4,0	5,7	4,19	1,76	

На слабозасоленных почвах внесение удобрений обеспечивало достоверный рост урожайности силосной массы кукурузы: в контроле она составляла 57,9 т/га, тогда как максимальный показатель был получен при N150P80K30 - 90,7 т/га (+56,5%). Аналогичные резуль-

таты отмечены при N150P120K0 и N100P120K30, при этом рост урожайности сопровождался увеличением густоты стояния и массы початков.

При повышении засоленности до 0,59% урожайность снижалась до 22,2 т/га (-61,6%), при этом удобрения

лишь частично компенсировали солевой стресс. Наиболее эффективными оказались варианты с фосфорно-калийным питанием и умеренными дозами азота (≤ 50 кг д.в./га), тогда как высокие дозы азота (150 кг д.в./га) не повышали, а иногда снижали урожай. Различия между вариантами превышали НСР₀₅ (5,5 т/га).

Таким образом, на слабо засоленных почвах можно получать высокий урожай кукурузы при оптимальном питании, тогда как усиление засоления более чем вдвое снижает урожайность и требует дифференцированного подхода к системе удобрений.

По результатам регрессионного анализа зависимости урожайности силосной массы кукурузы (Y , т/га) от суммы солей в 0–100 см слое почвы (X_1 , %), доз азотных (X_2), фосфорных (X_3) и калийных (X_4) удобрений получено уравнение с высоким уровнем статистической достоверности ($R^2 = 0,993$; $F = 586,94$; $p < 0,001$). Это указывает на то, что включенные факторы объясняют 99,3% вариации урожайности, а модель отличается высокой адекватностью и точностью прогнозирования.

Регрессионное уравнение имеет вид:

$$Y = 64,47 - 69,34X_1 - 4,328(X_1X_2)^{0,5} - 1,775(X_1X_3)^{0,5} - 0,058X_2 + 3,889X_2^{0,5} + 1,753X_3^{0,5};$$

$$R^2 = 0,993 \quad (2)$$

Анализ коэффициентов показал, что засоленность почвы (X_1) оказывает наибольшее отрицательное влияние на урожайность ($-69,34$; $p < 0,001$), резко снижая продуктивность кукурузы даже при незначительном росте суммы солей [20]. Отрицательные коэффициенты взаимодействий (X_1X_2)^{0,5} ($-4,328$) и (X_1X_3)^{0,5} ($-1,775$) указывают на снижение эффективности азотных и фосфорных удобрений при засолении, тогда

как положительные коэффициенты при $X_2^{0,5}$ (3,889; $p < 0,001$) и $X_3^{0,5}$ (1,753; $p < 0,001$) отражают нелинейный отклик урожайности с эффектом убывающей отдачи от удобрений [21]. Модель статистически достоверна и подтверждает эффективность умеренных доз удобрений при слабом и среднем засолении и необходимость их снижения на высоком солевом фоне.

Экономический анализ производства кукурузы на силос показал высокую эффективность минерального питания на слабозасоленных почвах при низкой себестоимости и высокой рентабельности (рисунок 2). В контроле без удобрений валовой доход составлял 1042,8 тыс. тг/га при себестоимости 4,6 тг/кг и рентабельности 287,6%. Применение только фосфорно-калийных удобрений обеспечивало увеличение валового дохода до 1199,9 тыс. тг/га, однако сопровождалось снижением прибыли и рентабельности из-за роста затрат, что указывает на ограниченную эффективность фосфора и калия без азота.

Наибольший экономический эффект достигался при совместном внесении NPK. Варианты N50P40 и N150P80K30 обеспечили максимальную прибыль 1001,5–1194,4 тыс. тг/га при рентабельности 308,7 и 272,8% соответственно, при себестоимости 4,4–4,9 тг/кг. Повышение доз до N150P120 приводило к снижению рентабельности до 270,5% вследствие роста затрат при равных уровнях урожайности. Оптимальными для слабозасоленных почв являются дозы N100–150P80K30–60, обеспечивающие рентабельность 250–300%.

На средnezасоленных почвах эффективность удобрений резко снижалась (рисунок 3).

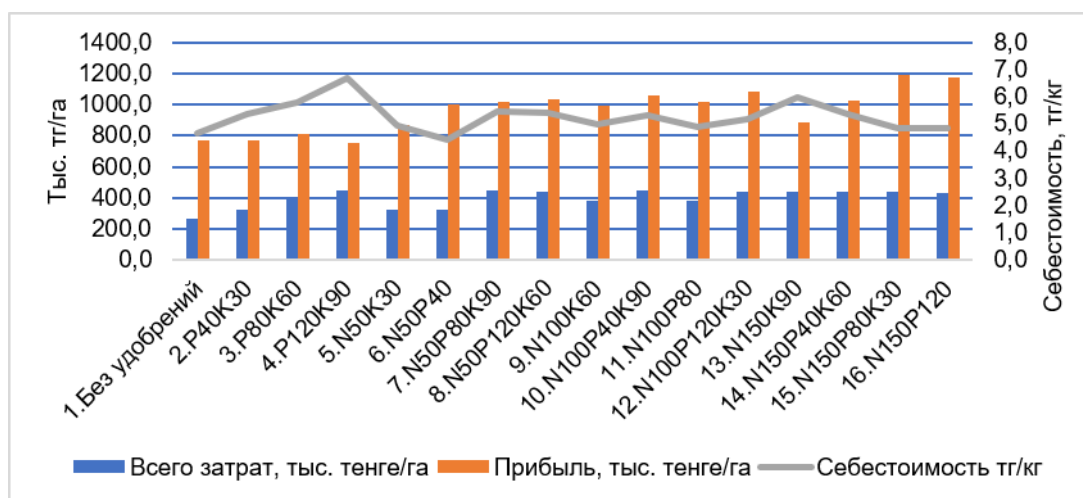


Рисунок 2 - Экономическая эффективность возделывания кукурузы на силос в условиях слабозасоленного серозёма в зависимости от доз минеральных удобрений

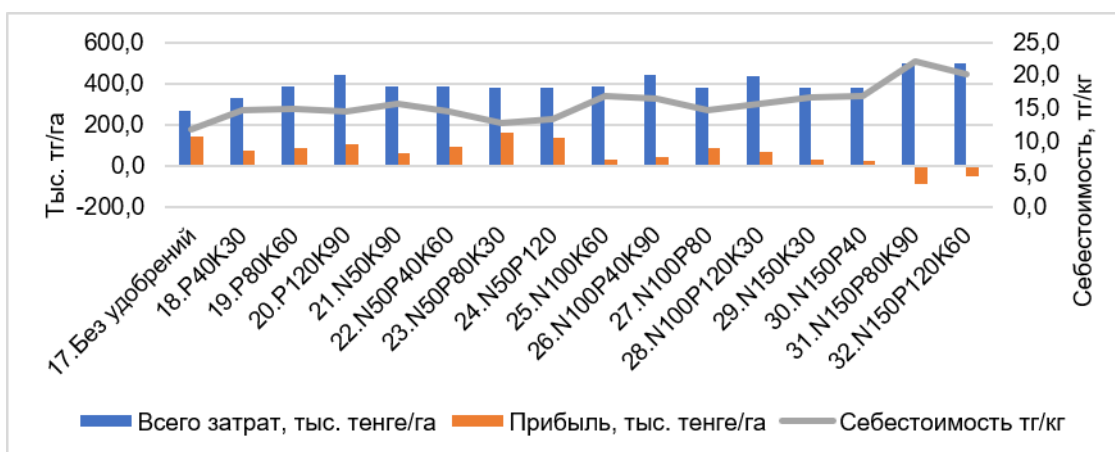


Рисунок 3 - Экономическая эффективность возделывания кукурузы на силос в зависимости от доз минеральных удобрений в условиях средnezасоленного серозёма светлого

Без удобрений валовой доход составил 413,5 тыс. тг/га, прибыль - 144,5 тыс. тг/га при рентабельности 53,7% и себестоимости 11,7 тг/кг. Фосфорно-калийные удобрения характеризовались низкой окупаемостью (рентабельность 21–24%). Лучшие показатели обеспечивали умеренные дозы N50P80K30–60 - прибыль 136,9–158,0 тыс. тг/га и рентабельность 36,0–41,2%. Повышение дозы азота до 100–

150 кг/га приводило к убыткам (до - 92,3 тыс. тг/га).

При переходе от слабого к среднему засолению валовой доход снижался более чем в 3 раза, а себестоимость возрастала до 15–22 тг/кг.

Таким образом, при слабом засолении экономически оправдано полное минеральное питание, тогда как при среднем засолении эффективны лишь умеренные дозы удобрений, прежде

всего азота в сочетании с фосфором и калием.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённые полевые исследования подтвердили существенную роль степени засоленности почвы в формировании урожайности силосной массы кукурузы и эффективности минеральных удобрений в условиях юга Казахстана. Установлено, что при слабой засоленности светлых серозёмов (0,13% суммы солей) кукуруза способна реализовывать высокий продукционный потенциал, а применение сбалансированных доз NPK обеспечивает достоверное повышение урожайности до 84,5–90,7 т/га, что на 41–57% превышает контроль без удобрений. Увеличение засоленности до 0,59% приводит к снижению продуктивности более чем в два раза, уменьшению густоты стояния растений, накопления биомассы, а также к резкому снижению эффективности минеральных удобрений.

Разработанная регрессионная модель с высокой степенью достоверности подтверждает доминирующее отрицательное влияние засоленности и снижение отдачи удобрений по мере роста солевого фона. Её использование позволяет обосновать дифференцированные и экономически эффективные системы удобрения кукурузы на силос в условиях засоленных орошаемых почв юга Казахстана. Регрессионная модель показала очень высокую достоверность ($R^2=0,993$; $p < 0,001$) и выявила доминирующее отрицательное влияние засоленности почвы (–69,34) при снижении эффективности азотных и фосфорных удобрений по мере роста солевого фона. На слабозасоленных почвах максимальная прибыль достигала 1194,4 тыс. тт/га при рентабельности до 309%, тогда как на средnezасоленных почвах она снижалась до 136,9–158,0 тыс. тт/га (36–41%), а высокие дозы азота вызывали убытки до –92,3 тыс. тт/га.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Global map of salt-affected soils [Электронный ресурс] // FAO Soils Portal. – Режим доступа: <https://www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-maps-and-databases/global-map-of-salt-affected-soils/ar/>.
2. Qadir M., Quillérou E., Nangia V., Murtaza G., Singh M., Thomas R.J., Drechsel P., Noble A.D. Economics of salt-induced land degradation and restoration // Natural Resources Forum. – 2014. – Vol. 38, № 4. – P. 282–295.
3. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Global map of salt-affected soils (GSASmap). – Rome: FAO, 2021. – 100 p.
4. FAO. Global status of salt-affected soils – main report [Электронный ресурс]. – Rome: FAO, 2024. – Режим доступа: <https://doi.org/10.4060/cd3044en>.
5. Бобренко И.А., Красницкий В.М., Кантарбаева Э.Е. Эффективность применения минеральных удобрений при возделывании гибридов кукурузы в условиях Северного Казахстана // Плодородие. – 2014. – № 5 (80).
6. Лиманская В.Б. Формирование сухой биомассы кукурузы в условиях Западного Казахстана // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 2006. – № 12. – С. 15–16.
7. Ермохин Ю.И., Бобренко И.А. Оптимизация минерального питания сельскохозяйственных культур. – Омск: Изд-во ОмГАУ, 2005. – 286 с.
8. Амиров Б.М., Құлымбет Қ.Қ., Сапаров Г.А., Сейтменбетова А.Т., Құрманқың О.С. Урожайность кукурузы при применении различных доз и форм азотных удобрений в Шаульдерском массиве орошения Туркестанской области // Почвоведение и агрохимия. – 2023. – № 4. – С. 60–71.

9. Амиров Б.М., Базарбаев С.О., Жандыбаев О., Курманакын О.С. Моделирование урожайности кукурузы на зерно в зависимости от доз и соотношений минеральных удобрений на засоленных светлых серозёмах южного Казахстана // Почвоведение и агрохимия. – 2025. – № 1. – С. 56–72.
10. Rengasamy P. Soil processes affecting crop production in salt-affected soils // Functional Plant Biology. – 2010. – Vol. 37, № 7. – P. 613–620.
11. Yensen N.P. Halophyte uses for the twenty-first century // Trends in Plant Science. – 2006. – Vol. 11, № 11. – P. 558–565.
12. Zou H., Li D., Ren K., Liu L., Zhang W., Duan Y., Lu C. Response of maize yield and nitrogen recovery efficiency to nitrogen fertilizer application in field with various soil fertility // Frontiers in Plant Science. – 2024. – Vol. 15. – Art. 1349180.
13. Maas E.V., Hoffman G.J. Crop salt tolerance – current assessment // Journal of the Irrigation and Drainage Division. – 1977. – Vol. 103, № 2. – P. 115–134.
14. Перегудов В.Н. Планирование многофакторных полевых опытов с удобрениями и математическая обработка их результатов. – М.: Колос, 1978. – 184 с.
15. Перегудов В.Н., Иванова В.Н. К вопросу о главных эффектах и взаимодействии факторов в многофакторных опытах с удобрениями. Сообщение 1 // Агрохимия. – 1979. – № 9. – С. 110–118.
16. Цыгуткин А.С., Васбиева М.Т., Шишков Д.Г. Особенности постановки полевого опыта с минеральными удобрениями на основе неполной факториальной схемы 1/9(6×6×6) // Земледелие. – 2022. – № 6. – С. 22–26.
17. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
18. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 2: зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. – Москва, 1989. – 197 с.
19. Ничипорович А.А., Строганова Л.Е., Чмора С.Н. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах (методы и задачи учета в связи с формированием урожая). – М.: АН СССР, 1961. – 133 с.
20. Munns R., Gilliam M. Salinity tolerance of crops – what is the cost? // New Phytologist. – 2015. – Vol. 208, № 3. – P. 668–673.
21. Havlin J.L., Tisdale S.L., Nelson W.L., Beaton J.D. Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management. – 8th ed. – Upper Saddle River, NJ: Pearson Education Inc., 2014. – 515 p.

REFERENCES

1. Global map of salt-affected soils [Elektronnyy resurs] // FAO Soils Portal. – Rezhim dostupa: <https://www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-maps-and-databases/global-map-of-salt-affected-soils/ar/>.
2. Qadir M., Quill rou E., Nangia V., Murtaza G., Singh M., Thomas R.J., Drechsel P., Noble A.D. Economics of salt-induced land degradation and restoration // Natural Resources Forum. – 2014. – Vol. 38, № 4. – P. 282–295.
3. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Global map of salt-affected soils (GSASmap). – Rome: FAO, 2021. – 100 p.
4. FAO. Global status of salt-affected soils – main report [Elektronnyy resurs]. – Rome: FAO, 2024. – Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.4060/cd3044en>.

5. Bobrenko I.A., Krasnitskiy V.M., Kantarbaeva E.E. Effektivnost primeneniya mineralnykh udobreniy pri vozdeleyvanii gibridov kukuruzy v usloviyakh Severnogo Kazakhstana // Plodorodie. – 2014. – № 5 (80).
6. Limanskaya V.B. Formirovanie sukhoy biomassy kukuruzy v usloviyakh Zapadnogo Kazakhstana // Vestnik selskokhozyaystvennoy nauki Kazakhstana. – 2006. – № 12. – S. 15–16.
7. Ermokhin Yu.I., Bobrenko I.A. Optimizatsiya mineralnogo pitaniya selskokhozyaystvennykh kultur. – Omsk: Izd-vo OmGAU, 2005. – 286 s.
8. Amirov B.M., Qulymbet Q.Q., Saparov G.A., Seitmenbetova A.T., Qurmanaqyn O.S. Urozhaynost kukuruzy pri primenenii razlichnykh doz i form azotnykh udobreniy v Shaulderskom massive orosheniya Turkestanskoj oblasti // Pochvovedenie i agrokhimiya. – 2023. – № 4. – S. 60–71.
9. Amirov B.M., Bazarbaev S.O., Zhandybaev O., Kurmanakyn O.S. Modelirovanie urozhaynosti kukuruzy na zerno v zavisimosti ot doz i sootnosheniy mineralnykh udobreniy na zasolennykh svetlykh serozemakh yuzhnogo Kazakhstana // Pochvovedenie i agrokhimiya. – 2025. – № 1. – S. 56–72.
10. Rengasamy P. Soil processes affecting crop production in salt-affected soils // Functional Plant Biology. – 2010. – Vol. 37, № 7. – P. 613–620.
11. Yensen N.P. Halophyte uses for the twenty-first century // Trends in Plant Science. – 2006. – Vol. 11, № 11. – P. 558–565.
12. Zou H., Li D., Ren K., Liu L., Zhang W., Duan Y., Lu C. Response of maize yield and nitrogen recovery efficiency to nitrogen fertilizer application in field with various soil fertility // Frontiers in Plant Science. – 2024. – Vol. 15. – Art. 1349180.
13. Maas E.V., Hoffman G.J. Crop salt tolerance – current assessment // Journal of the Irrigation and Drainage Division. – 1977. – Vol. 103, № 2. – P. 115–134.
14. Peregudov V.N. Planirovanie mnogofaktornykh polevykh opytov s udobreniyami i matematicheskaya obrabotka ikh rezultatov. – M.: Kolos, 1978. – 184 s.
15. Peregudov V.N., Ivanova V.N. K voprosu o glavnykh effektakh i vzaimodeystvii faktorov v mnogofaktornykh opytakh s udobreniyami. Soobshchenie 1 // Agrokhimiya. – 1979. – № 9. – S. 110–118.
16. Tsygutkin A.S., Vasbieva M.T., Shishkov D.G. Osobennosti postanovki polevogo opyta s mineralnymi udobreniyami na osnove nepolnoy faktorialnoy skhemy 1/9 (6×6×6) // Zemledelie. – 2022. – № 6. – S. 22–26.
17. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy). – 5-e izd., dop. i pererab. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 s.
18. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya selskokhozyaystvennykh kultur. Vyp. 2: zernovye, krupyanye, zernobobovye, kukuruza i kormovye kultury. – Moskva, 1989. – 197 s.
19. Nichiporovich A.A., Stroganova L.E., Chmora S.N. Fotosinteticheskaya deyatel'nost rasteniy v posevakh (metody i zadachi ucheta v svyazi s formirovaniem urozhayev). – M.: AN SSSR, 1961. – 133 s.
20. Munns R., Gilliam M. Salinity tolerance of crops – what is the cost? // New Phytologist. – 2015. – Vol. 208, № 3. – P. 668–673.
21. Havlin J.L., Tisdale S.L., Nelson W.L., Beaton J.D. Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management. – 8th ed. – Upper Saddle River, NJ: Pearson Education Inc., 2014. – 515 p.

ТҮЙІН

Б.М. Амиров^{1*}, С.О. Базарбаев¹, О.С. Жандыбаев¹ҚАЗАҚСТАННЫҢ ОҢТҮСТІГІНДЕГІ ТҰЗДАЛҒАН ТОПЫРАҚТАРДА ЖҮГЕРІНІҢ
СҮРЛЕМДІК БИОМАССАСЫНЫҢ ҚАЛЫПТАСУЫНА МИНЕРАЛДЫҚ
ТЫҢАЙТҚЫШТАРДЫҢ ӘСЕРІН МОДЕЛЬДЕУ¹Ө.О. Оспанов атындағы Қазақ топырақтану және агрохимия

ғылыми-зерттеу институты, 050060, Алматы, Байрақ көшесі, 10, Қазақстан,

*e-mail: bak.amirov@gmail.com

Мақалада Қазақстанның оңтүстігіндегі топырақ тұздылығының әртүрлі дәрежесі жағдайында минералдық тыңайтқыштардың дозалары мен қатынастарының жүгерінің сүрлемдік массасы өнімділігіне әсерін бағалау бойынша егістік зерттеулер нәтижелері келтірілген. Зерттеулер Түркістан облысы Отарар ауданындағы әр деңгейде тұзданған ашық сұр топырақтарында жүргізілді. Зерттеу объектісі ретінде Gladius F1 буданы (FAO 700) алынды. Тыңайтқыштар дозасы N0-150, P0-120, K0-90 аралығында зерттелді. Биометриялық көрсеткіштер, сүрлемдік массаның өнімділігі және тыңайтқыштарды қолданудың экономикалық тиімділігі бағаланды. Әлсіз тұзданған топырақтарда минералдық тыңайтқыштарды қолдану жүгерінің силостық массасы өнімділігі бақылаумен салыстырғанда гектарына шаққанда 84,5-90,7 тоннаға, яғни 41,4-56,5% дейін артатындығы анықталды. Тұздылық күшейген сайын өнімділік екі еседен астам төмендеді, ал азоттың жоғары дозаларының тиімділігі тұздық стресс күшейуіне байланысты азайды. Көп өлшемді регрессиялық талдау арқылы жоғары сенімділік дәрежесі бар ($R^2=0,993$; $F=586,94$; $p < 0,001$) модель алынды; ол тұздылықтың неғұрлым теріс әсерін және дақылдың өнімінің тыңайтқыштарға тікелей әсерін растайды. Әлсіз тұзданған топырақтарда минералдық тыңайтқыштарды орташа мөлшерде қолдану (N100-150, P80, K30-60 кг/га) экономикалық тұрғыдан тиімді: пайда 1194 мың теңге/га дейін, рентабельділік 270-300% құрайды. Орташа тұзданған топырақтарда өнімділікті төмендеткенмен рентабельділікті мүмкіндігінше түсірмейтін тыңайтқыштардың ең тиімді мөлшері - N50P80K30-60. Әр түрлі тұздану дәрежесінде фосфор-калий тыңайтқыштарын қолдану дақылдың төзімділігін арттырады, ал азоттың мөлшерін фосфорсыз шамадан тыс қолдану экономикалық тиімділікті төмендетеді. Нәтижелер топырақ тұздылығын ескере отырып, жүгеріні силосқа өсіру үшін тыңайту жүйесіне дифференциалды және бейімделмелі тәсілдің қажеттігін растайды.

Түйінді сөздер: жүгері, сүрлемдік масса, тұзданған топырақтар, минералдық тыңайтқыштар, өнімділік, модельдеу, экономикалық тиімділік.

SUMMARY

B.M. Amirov^{1*}, S.O. Bazarbaev¹, O.S. Zhandybaev¹MODELING THE EFFECT OF MINERAL FERTILIZERS ON MAIZE SILAGE BIOMASS
FORMATION UNDER SALINE SOIL CONDITIONS IN SOUTHERN KAZAKHSTAN¹U.U. Uspanov Kazakh Research Institute of Soil Science and Agrochemistry,

050060, Almaty, Bayraq St.. 10, Kazakhstan, *e-mail: bak.amirov@gmail.com

The article presents the results of field studies aimed at evaluating the effects of mineral fertilizer rates and nutrient ratios on maize silage yield under different levels of soil salinity in southern Kazakhstan. The research was conducted on light sierozem soils in the Otyrar district of the Turkistan Region under two soil salinity backgrounds (0,13% and 0,59% total soluble salts). The object of the study was the maize hybrid Gladius F1 (FAO 700). Fertilizer rates ranged from N0-150, P0-120, and K0-90 kg ha⁻¹. Biometric parameters, silage biomass yield, and the economic efficiency of fertilizer application were evaluated. The results showed that on slightly saline soils, mineral fertilizer application significantly increased maize silage yield to 84,5-90,7 t ha⁻¹, which was 41,4-56,5% higher than the unfertilized control. Under moderate salinity conditions, productivity decreased by more than twofold, while the efficiency of high nitrogen

rates declined due to increased salt stress. Using multiple regression analysis, a highly reliable model was developed ($R^2 = 0,993$; $F = 586,94$; $p < 0,001$), confirming the dominant negative effect of soil salinity and the nonlinear response of maize to fertilizer application. On slightly saline soils, the economically optimal fertilizer rates were N100–150, P80, and K30–60 kg ha⁻¹ of active ingredient, providing the highest profit (up to 1,194 thousand KZT ha⁻¹) and profitability of 270–300%. On moderately saline soils, the optimal fertilization strategy was a moderate nutrient supply of N50P80K30–60, which maintained positive profitability while minimizing the risk of yield losses. For both salinity levels, phosphorus and potassium nutrition played a protective role by enhancing maize tolerance to salinity, whereas excessive nitrogen application without adequate phosphorus reduced economic efficiency. The findings confirm the necessity of a differentiated and adaptive fertilization strategy for silage maize cultivation based on the degree of soil salinity.

Keywords: maize, silage biomass, saline soils, mineral fertilizers, yield, modeling, economic efficiency.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. Амиров Бахытбек Мустафаулы - Заведующий отделом агрохимии, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0002-4712-9018>, e-mail: bak.amirov@gmail.com

2. Базарбаев Султан Оразбаевич - Младший научный сотрудник отдела агрохимии, PhD, <https://orcid.org/0009-0006-3590-0625>, e-mail: sultan-13_01@mail.ru

3. Жандыбаев Оркен Серпинулы - Младший научный сотрудник отдела агрохимии, PhD, <https://orcid.org/0000-0002-8544-8992>, e-mail: mr.orken@yandex.kz

ГРНТИ 68.33.29

DOI: 10.51886/1999-740X_2026_2_49

А.М. Балгабаев¹, А.Х. Наушабаев¹, А.М. Шибикеева^{1*}, К.О. Караева¹,
Г.О. Бейсенова¹

**АҚДАЛА КҮРІШ ӨСІРУ АЛҚАБЫНЫҢ КҮРІШТІ-БАТПАҚТЫ
ТОПЫРАҚТАРЫНЫҢ ХИМИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫНЫҢ
ДЕГРАДАЦИЯҒА ҰШЫРАУЫ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ҚҰНАРЛЫЛЫҒЫН ҚАЛПЫНА
КЕЛТІРУ ЖОЛДАРЫ**

¹Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті,

050021, Алматы, Абай даңғылы, 8, Қазақстан, *e-mail: shm.aigerim@mail.ru

Аңдатпа. Мақалада Ақдала күріш өсіру алқабында 2024 жылғы жүргізілген агрохимиялық зерттеулердің нәтижелері бойынша күрішті-батпақты топырақтарының химиялық және физика-химиялық құрамының деградацияға ұшырауы және олардың құнарлылығын қалпына келтіру жөнінде мәліметтер келтірілген. Күрішті-батпақты топырақтардың құрамында қарашірінді мөлшері өте төмен және жыртылатын қабатта (0-25 см) 0,86-2,01%, ал төменгі (25-40 см) қабатта 0,63-1,78% аралығында өзгереді. Алқаптағы күрішті-батпақты топырақтардың тұздану дәрежелері әртүрлі және әлсіз, орташа, күшті тұзданған және сортаң топырақтар кездеседі. Зерттеу жүргізілген «Марат» ШҚ мен «Өтес» ЖШС күрішті-батпақты топырақтары жеңіл ыдырайтын азотпен орташа және көтеріңкі 49,0-59,5 мг/кг, «Өтес-Ақдала» ЖШС және «Попов» ЖШС топырақтары жоғары 77,0-80,5 мг/кг шамасында қамтамасыз етілген. Топырақтар жылжымалы фосфор мөлшері бойынша «Попов» ЖШС, «Марат» ШҚ, «Өтес» ЖШС өте төмен және төмен деңгейде (6,0-16,0 мг/кг) қамтамасыз етілсе, ал «Өтес-Ақдала» ЖШС күрішті-батпақты топырақтары орташа деңгейде (30-32 мг/кг) қамтамасыз етілген топқа жатады. Алқаптың топырақтары алмаспалы калийдің деңгейі бойынша төмен (100-200 мг/кг), орташа (201-300 мг/кг) және жоғары (401-600 мг/кг) дәрежеде қамтамасыз етілген. Күрішті-батпақты топырақтардың құнарлылығын қалпына келтіру мен өсіретін күріш пен әртүрлі ауылшаруашылығы дақылдарынан мол әрі сапалы өнім алу үшін ұсынылған түрлі агромелиоративтік, агротехникалық және агрохимиялық шараларды дер кезінде орындап отыру қажет. Күріш және басқа ауылшаруашылық дақылдары үшін қолданылатын органикалық және минералдық тыңайтқыштардың тиімділігі топырақтағы жылжымалы қоректік элементтердің мөлшері мен алынытын өнім деңгейлеріне байланысты болады. Күріш дақылына жоңышқаның тыңынан кейін азот тыңайтқыштарының 60-90 кг, тыңның аудармасының кейін 90-120 кг және тыңның аудармасының 3-ші жылы 130-150 кг/га нормалары тиімді болады. Фосфор және калий тыңайтқыштарының нормалары, осы элементтердің топырақтағы мөлшеріне және күріш және басқа дақылдардан алынатын өнім деңгейіне байланысты 60-120 кг/га және 30-60 кг/га аралығында өзгереді.

Түйінді сөздер: деградация, күрішті-батпақты топырақтар, топырақтың химиялық және физика химиялық құрамы, құнарлылық, күріш дақылы, органикалық және минералдық тыңайтқыштар.

КІРІСПЕ

Соңғы жылдары дүние жүзінде топырақтың деградацияға ұшырау процесі өте қарқынды жүріп жатыр, ол келешекте азық-түлік қауіпсіздігіне айтарлықтай қауіп төндіруі мүмкін [1]. Зерттеушілердің бағалауы бойынша дүние жүзінде 2 млрд. га астам жерлер деградацияға ұшыраған, бұл шамамен

жыртылатын жерлер, жайылымдар мен орман алқаптарының 22% құрайды [2]. Жерлердің деградацияға ұшырауы топырақтардың қасиеттерінің маусымдық өзгерістері мен әртүрлі құрғақшылық әсерлерінен күшейе түсуде. Жалпы, дүние жүзінің 75% елдері экологиялық тұрақсыздықтың жоғары тәуекелділігіне іліккен, оның ішінде Қазақстан Рес-

публикасы да бар [3]. Топырақты деградацияға ұшырататын негізгі антропогендік факторлардың қатарына егіншілік жүйесінің бұзылуы жатады [4]. Бұл үрдіс Қазақстан Республикасының барлық аймақтарында айқын жүріп жатыр және суармалы топырақтар жағдайында қарашірінді мөлшерінің жоғалуының жоғары екендігі байқалады [5].

Суармалы егіншілік жағдайындағы жыртылатын жерлер, топырақтың дренаж жүйесі мен суару режимін тиімсіз басқарудың нәтижесінде деградацияға қарқынды ұшырауда және бұл топырақтың екінші рет тұздануына әкеліп соғады [6]. Сонымен қатар, органикалық тыңайтқыштарды пайдаланудың азаюы мен минералдық тыңайтқыштарды қолданудың көлемінің төмендеуі әрі топырақтарда эрозияның жалғасуы кәдімгі топырақтарда қарашірінді мөлшерінің төмендеуіне алып келеді және олардың көлемі жыл сайын ұлғая түсуде. Егіншілік үнемі қоректік элементтердің теңгерімінде жүргізіледі. Топырақтағы химиялық деградацияның негізгі себебі қисынсыз жүргізілген ауылшаруашылығы болыптабылады [7]. Деградацияны реттеу үшін көптеген кешенді іс-шараларды: атап айтқанда, барлық ирригациялық және дренаж жүйелерін қалпына келтіру және егіншілік жүйелерінің тиімділігін арттыру қажет [6]. Бірақ, оларды тиімді жүргізу үшін топырақ құнарлылығының жағдайы туралы объективті және үнемі жаңартылған ақпараттар болуы керек. Осыған байланысты, Ақдала күріш өсіру алқабының күрішті-батпақты топырақтарында өсірілетін күріш пен әртүрлі ауылшаруашылығы дақылдарының өнімділігін арттыру мен топырақ құнарлылығын жоғарылату мақсатында агрономиялық және агрохимиялық технологияларды жетілдіру бойынша 2024 жылы бірнеше ауылшаруашылық құрылымдарының топырақтарына бірнеше агрохимиялық мониторинг жүргізілді. Оның негізгі жаңалығы

мен практикалық маңызы, соңғы жылдарда аймақтағы күрішті-батпақты топырақтардың деградацияға ұшырауы мен құнарлылық деңгейлерінің өзгеру ерекшеліктерін айқындау және күріш дақылы мен басқа ауылшаруашылық дақылдарынан жоғары өнімділікті қамтамасыз ететін тыңайту жүйелерін ұсыну болып табылады.

МАТЕРИАЛДАР МЕН ӘДІСТЕР

Зерттеулер Алматы облысының Ақдала күріш өсіру алқабында жүргізілді, қуаң дала ландшафтының өзгерісіне Іле өзені мен оның салалары мен сумен толтырылған күріш чектері, жоғары ылғалдылық режимін туғыза отырып әсерін тигізеді. Бұл жағдай аймақта әртүрлі топырақ жамылғысының қалыптасуына және олардың физика-химиялық қасиеттерінің өзгеруіне әсер етеді.

Ақдала күріш өсіру алқабының бірнеше ауылшаруашылығы құрылымдарының территорияларына: «Өтес» ЖШС, «Береке»ШҚ, күріш дақылы егістігі, «Өтес-Ақдала» 3-ші жылдық жоңышқа дақылы, «Попов» ЖШС жаздық бидай және рапс дақылы егістіктерінде 2024 жылы агрохимиялық мониторинг жүргізілді.

Топырақ үлгілері әрбір ауылшаруашылығы дақылы өсірілілген чектен немесе дара учаскелерден маршруттық сызықтар бойынша 20-40 дербес сынамалар түрінде, 0-25 см және 25-40 см тереңдіктерден аралас үлгілер алынды. Күріш дақылынан топырақ үлгілерін алу, жинау кезеңінде күзде, ал басқа ауылшаруашылық дақылдарынан жаз айларында вегетациялық өсу кезеңдерінде жүргізілді. О.Ө. Оспанов атындағы «Қазақ топырақтану және агрохимия ҒЗИ» зертханасында алынған топырақ үлгілерінен химиялық және физика-химиялық құрамын анықтау бойынша талдаулар жүргізілді [9]. Топырақтан қара шірінді мөлшері – Тюрин әдісімен (ҚР СТ 3477-2019), жеңіл ыдырайтын азот – Тюрин-Кононова әдісімен, жылжымалы фосфор мен алмаспалы калий

Мачигин әдісімен (МемСТ-26205-91), рН (МемСТ-26423-85), су сүзіндісі (МемСТ-26423-85-26428-85), сіңірілген Са, Mg - Аринушкин әдісі Грабаров модификациясы, сіңірілген К, Na - Каратаев және Маметова әдісі Грабаров модификациясымен анықталды. Топырақтың далалық зерттеулері «Топырақтарға агрохимиялық зерттеу жүргізудің ережелері» сәйкес жүргізіледі [10].

НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ

Зерттеу жүргізілген кезеңде Ақдала күріш өсіру алқабында гранулометриялық құрамы жеңіл күрішті-батпақты топырақтар қалыптасқаны анықталды. Олардың құрамы ұзақ жылдар күріш дақылын және басқа дақылдарды өсіруге байланысты біршама өзгерістерге ұшырап, құнарлылық дәрежелері айтарлықтай төмендеді. Бірақ, ирригациялық және дренаждық жүйелерінің нашарлауынан күрішті-батпақты топырақтар су-тұз көрсеткіштері мен қоректік режимдері бойынша қолайсыз қасиеттерге ие болды. Күрішті-батпақты топырақтардың деградацияға ұшырау процесін анықтау үшін күріш, жоңышқа, жаздық бидай және рапс дақылдары өсірілген егістік топырақтарының химиялық және физика-химиялық қасиеттерінің өзгеруі зерттелді. Мысалы, «Марат» ШҚ күріш егістігінің күрішті-батпақты топырағының жыртылатын (0-25 см) қабатындағы қарашірінді мөлшері 1,68% құраса, ал төменгі қабатта (20-40 см) 1,42% шамада болды. Жеңіл ыдырайтын азот мөлшері жыртылатын қабатта 49,0 мг/кг, жылжымалы фосфор 12,0 мг/кг және алмаспалы калий мөлшері 170 мг/кг шамасынан аспады. Төменгі қабатта олардың мөлшері біршама төмендейді. Топырақ реакциясы әлсіз сілтілі рН 7,34-7,61 (кесте 1).

Күріш дақылы өсірілген «Өтес» ЖШС және «Береке» ШҚ топырақтарының беткі жыртылатын қабатында (0-

25 см) қарашірінді мөлшері 1,25-1,12% құраса, ал төменгі қабатта күрт төмендеп 0,32-0,63% өзгереді. «Өтес» ЖШС топырақтарында (0,25 см) жеңіл ыдырайтын азот мөлшері 59,5 мг/кг, жылжымалы фосфор мөлшері 16,0 мг/кг және алмаспалы калий мөлшері 130 мг/кг құраса, ал төменгі қабатта олардың мөлшері күрт азаяды (кесте 1). «Береке» ШҚ топырағы күрішті-сортаң-кебір топыраққа жатады және жоғарғы қабатта жеңіл ыдырайтын азот мөлшері 66,5 мг/кг, жылжымалы фосфор 82,0 мг/кг және алмаспалы калий мөлшері 440 мг/кг дейін жоғарылайды (кесте 1).

Зерттеу мәліметтеріне сәйкес, «Марат» ШҚ мен «Өтес» ЖШС күрішті-батпақты топырақтары жылжымалы қоректік элементтермен өте төмен дәрежеде қамтамасыз етілген болса, ал «Береке» ШҚ күрішті-сортаң-кебір топырағы жылжымалы фосфор және алмаспалы калий мөлшерімен жоғары дәрежеде қамтамасыз етілген.

Жоңышқаның 3-ші жылдық егістігі топырағының жоғарғы (0-25 см) қабатында жеңіл ыдырайтын азот мөлшері 79,9 мг/кг, жылжымалы фосфор 32,0 мг/кг және алмаспалы калий мөлшері 240 мг/кг шамасында әрі қоректік заттармен орташа дәрежеде қамтамасыз етілген топырақтарға жатады. Топырақ реакциясы әлсіз сілтілі рН 7,49-7,69.

Жаздық бидай дақылы мен рапс дақылы өсірілген «Попов» ЖШС топырақтарының құрамында қарашірінді мөлшері жоғары қабаттарында (0-25 см) 1,95-2,01% болса, ал төменгі қабаттарында 1,78-0,63% аралығында өзгереді. Жеңіл ыдырайтын азот мөлшері жаздық бидай дақылы егістігінде 77,0-87,5 мг/кг, жылжымалы фосфор мөлшері 6,0 мг/кг, алмаспалы калий мөлшері 200-180 мг/кг болса, ал рапс дақылы егістігінде жеңіл ыдырайтын азот мөлшері 80,5-70,1 мг/кг, жылжы-

малы фосфор мөлшері 8-10 мг/кг және алмаспалы калий мөлшері 220 мг/кг аспайды (кесте 1).

Аймақтың күрішті-батпақты топырақтары жылжымалы фосфор мен алмаспалы калиймен әртүрлі дәрежеде қамтамасыз етілген. Зерттеу жүргізілген «Марат» ШҚ (P_2O_5 - 12,0 мг/кг), «Өтес» ЖШС (P_2O_5 - 16,0 мг/кг), «Попов» ЖШС (P_2O_5 - 6,0-8,0 мг/кг) топырақтары жылжымалы фосфор мөлшері бойынша төмен және орташа қамтамасыз етілген топырақтарға жатады.

Күрішті - батпақты топырақтардың құрамында алмаспалы калий мөлшерінің жетіспеушілігі айқын байқалады және олардың мөлшері 100-300 мг/кг аспайды, тек, күрішті-сортаңкебір топырақта 440 мг/кг жоғары болды. Топырақ ортасы реакциясы әлсіз сілтілі мен орташа сілтілі ($pH=7,34-8,22$) аралығында өзгереді.

Ақдала күріш өсіру алқабының күрішті батпақты топырақтарының сіңірілген негіздер құрамы мен сіңіру сиымдылығына жүргізілген зерттеулер, «Марат» ШҚ, «Өтес» ЖШС, «Өтес-Ақдала» ЖШС және «Попов» ЖШС өсірілген күріш, 3-ші жылдық жоңышқа, жаздық бидай және рапс дақылдарының егістіктерінің топырақтары натрий бойынша кебірленбеген екендігін көрсетеді.

Алқаптағы шаруашылықтардың топырақтарын гранулометриялық құрамы бойынша құмайтты және жеңіл құмбалшықты топырақтарға (<0,01 мм бөлшектер - 12,5-38,6%) жатқызуға болады (кесте 1).

Аймақтың күрішті-батпақты топырақтарының тұз режимін зерттеу нәтижелері, егістіктерде топырақ тұздануының әртүрлі деңгейде екендігін көрсетті (кесте 2). Мысалы, «Марат»

ШҚ, «Өтес» ЖШС, «Өтес-Ақдала» ЖШС және «Попов» ЖШС топырақтарының беткі (0-25 см), қабаты әлсіз тұзданған (тұздардың қосындысы 0,174-0,303%) болса, ал «Береке» ШҚ күрішті-батпақты топырағы күшті тұзданған кебір топыраққа жатады. Бұл топырақтағы жеңіл еритін тұздардың мөлшері беткі қабатында 4,004%-тен төменгі қабатында 4,558% дейін жетеді. Тұздану химизмі бойынша содалы-хлорлы-сульфатты типке жатады және катиондардың құрамында натрийдың мөлшері басым және беткі қабатта 48,94 мг-экв және төменгі қабатта 55,86 мг-экв дейін жетеді (кесте 2).

Өсімдіктің өсуі үшін суда жеңіл еритін уытты тұздардың мөлшері жоғары күрішті-батпақты топырақтарға, жер асты суларының деңгейін төмендету және дренаж жағдайында аэрация аймағын тұзсыздандыру жолымен жүргізілетін мелиоративтік шараларды жүргізуді қажет етеді. Тұзсыздандыру шараларын топырақтың сіңіру комплексінің құрамынан (ТСК) сіңірілген натрий мен магнийдің ығыстырылуын қамтамасыз ету мақсатында гипс, фосфогипс пен күкіртті заттарды қолдану керек. Тұзданған топырақтарға мелиоративтік шаралар жүргізілгеннен кейін күріш және басқа ауылшаруашылық дақылдарын өсіру мен олардың өнімділігіне жоғарылату үшін тыңайтқыштар қолданудың қолайлы жүйесін жасау арқылы топырақтың қоректік режимін жақсарту қажет. Тыңайтқыш қолдану жүйесін жасау кезінде топырақтардың қасиеттері, олардың жылжымалы қоректік заттармен қамтамсыз етілу дәрежесі, өсірілетін дақылдардың биологиялық ерекшеліктері және алғы дақылдардың түрлері мен олардың тыңайтылу деңгейлері ескеріледі.

Кесте 1- Ақдала суармалы алқабында күріш және басқа ауылшаруашылығы дақылдары өсірілген күрішті-батпақты топырақтардың химиялық және физика-химиялық көрсеткіштерінің өзгеруі (2024 жыл)

№	Шаруашылық	Үлгі тереңдігі, см	Қара шірінді, %	Жылжымалы түрлері, мг/кг			рН	Сіңірілген негіздер, мг-экв			Сіңіру сыймдылығы, мг-экв	<0,01 мм қосындысы	
				N жы.	P ₂ O ₅	K ₂ O		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺			K ⁺
Әлсіз тұзданған жеңіл құмбалшықты күрішті - батпақты топырақ, күріш дақылы													
1	«Марат» ШҚ	0-25	1,68	49,0	12,0	170	7,34	9,80	5,39	0,19	0,03	15,41	26,02
		25-40	1,42	52,5	12,0	150	7,61	8,33	3,92	0,13	0,05	12,43	36,11
Әлсіз тұзданған құмайты күрішті - батпақты топырақ, күріш дақылы													
2	«Өтес»Ж ШС	0-25	1,25	59,5	16,0	130	7,54	6,86	1,96	0,12	0,03	8,97	12,50
		25-40	0,82	56,4	10,0	110	7,72	5,88	1,47	0,25	0,03	7,63	17,30
Күрішті-ортаң-кебір, күріш дақылы													
3	«Береке» ШҚ	0-25	1,12	66,5	82,0	440,0	8,08	10,29	1,96	14,30	0,30	26,85	13,06
		25-40	0,63	84,0	62,0	630,0	8,21	7,35	7,84	21,31	0,43	36,93	11,63
Әлсіз тұзданған жеңіл құмбалшықты күрішті - батпақты топырақ, 3-ші жылдық жоңышқа дақылы													
4	«Өтес-Ақдала» ЖШС	0-25	0,86	79,9	32,0	240	7,49	9,31	2,94	0,01	0,05	12,31	26,91
		25-40	1,13	70,5	30,0	240	7,69	6,37	3,92	0,19	0,09	10,57	20,91
Әлсіз тұзданған жеңіл құмбалшықты күрішті - батпақты топырақ, жаздық бидай дақылы													
5	«Полов» ЖШС	0-25	1,95	77,0	6,0	200	8,10	14,56	4,55	0,57	0,01	19,69	38,06
		25-40	1,78	87,5	6,0	180	8,14	13,19	8,19	0,64	0,01	22,03	29,55
Әлсіз тұзданған жеңіл құмбалшықты күрішті - батпақты топырақ, рапс дақылы													
6	«Полов» ЖШС	0-25	2,01	80,5	8,0	220	8,22	12,28	9,10	0,22	0,01	21,61	31,21
		25-40	1,65	70,1	10,0	220	8,29	10,92	7,28	0,18	0,02	18,40	33,98

Кесте 2 - Ақдала суармалы алқабының күрішті - батпақты топырақтарының күріш және өргүрлі дақылдар егістігінде тұз режимінің өзгеруі, мг/экв (2024 жыл)

№	Шаруашылық	Үлгі тереңдігі, см	Тұздар қосындысы, %	Сілтілік		Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
				HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻						
Әлсіз тұзданған жеңіл құмбалшықты күрішті - батпақты топырақ күріш дақылы											
1	«Марат» ШҚ	0-25	0,184	0,36	0,00	0,04	2,30	1,57	0,65	0,46	0,02
		25-40	0,071	0,48	0,00	0,51	0,37	0,37	0,24	0,00	
Әлсіз тұзданған құмайгты күрішті-батпақты топырақ күріш дақылы											
2	«Өтес» ЖШС	0-25	0,128	0,36	0,00	0,00	1,51	1,02	0,56	0,28	0,02
		25-40	0,098	0,44	0,00	0,95	0,56	0,46	0,37	0,00	
Күрішті-сортаң-кебір, күріш дақылы											
3	«Береке» ШҚ	0-25	4,004	1,12	0,24	0,32	55,08	6,38	0,74	48,94	0,46
		25-40	4,558	0,72	0,16	5,05	59,64	7,12	1,86	55,86	0,57
Әлсіз тұзданған жеңіл құмбалшықты күрішті- батпақты топырақ, 3-ші жылдық жоңышқа дақылы											
4	«Өтес-Ақдала» ЖШС	0-25	0,303	0,32	0,00	0,00	4,11	2,96	0,84	0,46	0,17
		25-40	0,170	0,36	0,00	0,07	2,02	1,11	0,65	0,55	0,14
Әлсіз тұзданған жеңіл құмбалшықты күрішті-батпақты топырақ, жаздық бидай дақылы											
5	«Попов» ЖШС	0-25	0,269	0,36	0,00	0,25	3,36	2,41	0,74	0,79	0,03
		25-40	0,257	0,36	0,00	0,18	3,28	2,13	0,93	0,74	0,02
Әлсіз тұзданған жеңіл құмбалшықты күрішті-батпақты топырақ, рапс дақылы											
6	«Попов» ЖШС	0-25	0,174	0,40	0,00	0,22	1,93	1,39	0,56	0,57	0,03
		25-40	0,165	0,40	0,00	0,22	1,81	1,30	0,56	0,55	0,02

Республикамыздың ғылыми-зерттеу мекемелерінің ғалымдарының және Ө.Оспанов атындағы «Қазақ топырақта-ну және агрохимия ҒЗИ» топырақтарға жүргізілген 2024 жылғы агрохимиялық талдаулардың мәліметтеріне сәйкес, Ақдала күріш өсіру алқабында күріш дақылына жоңышқа дақылының тыңынан кейін азот тыңайтқыштарының 60-90 кг, тыңының аудармасынан кейін 90-120 кг және тыңының аудармасының 3-ші жылы 130-150 кг/га нормаларын қолдану тиімді болып саналады [12].

Күрішті екпе пардан (біржылдық бұршақ тұқымдастар, жүгері, сорго, судан шөбі, рапс, мақсары, бидай және т.б.) кейін өсірген кезде қолданылатын азот тыңайтқыштарының мөлшері N_{90} , ал екінші жылы N_{120} нормасына дейін жоғарылатады.

Фосфор тыңайтқыштарының нормалары негізінен топырақтағы жылжымалы фосфаттардың мөлшеріне байланысты болады. Егер топырақта жылжымалы фосфордың мөлшері 30 мг/кг төмен болса, онда тиімді нормалары 60-90 кг/га, ал жылжымалы фосфордың мөлшері 60 мг/кг артық болса, онда мүлдем фосфор тыңайтқыштарын қолданбайды. Фосфор тыңайтқыштарының жоғары 90-120 мг/кг нормаларын жоңышқа тыңынан кейін өсірілген күрішке қолданғанда тиімділігі артады, себебі жоңышқа дақылынан кейін топырақта фосфордың жылжымалы түрлерінің мөлшері күрт төмендеп, топырақта азот қосылыстарының мөлшері артады.

Күрішті-батпақты топырақтар әртүрлі дәрежеде тұзданған және топырақтағы алмаспалы калий мөлшері гранулометриялық құрамға байланысты болады. Топырақта алмаспалы калий мөлшері төмен (<300 мг/кг) және топырақтан калийді көп пайдаланатын көпжылдық шөптерден кейінегілген күрішке қолданатын тиімді калий тыңайтқыштарының нормалары 30-60 кг/га аралығында болады. Органикалық

тыңайтқыштар күріш дақылына оң әсерін тигізеді және оны 20-40 т/га мөлшерінде ауыспалы егістіктің айналымында бір рет жоңышқаны жыртқаннан кейін 4-5 жылдары қолданады.

Көңді қолданғаннан кейін 2-ші және 3-ші жылдары күріш дақылының өнімділігі 20-25% дейін жоғарылайды. Азот тыңайтқыштарының тиімділігі оларды қолдану мерзімі, тәсілі және формаларымен анықталады. Бұл тыңайтқыштарды бөліп, яғни, жылдық норманың 60-70% себер алдында, ал қалған бөлігін өніп шығу мен түптену фазаларында үстеп қоректендіруде қолданғанда тиімділігі жоғары болады. Күріш дақылына қолданылатын азот тыңайтқыштарының тиімді формаларына аммоний сульфаты, мочевина және мочевина формальдегид жатады.

Зерттеу мәліметтеріне сәйкес Ақдала күріш өсіру алқабының күрішті-батпақты топырақтары фосфор мен калий элементтерінің жылжымалы түрлерімен әртүрлі дәрежелерде қамтамасыз етілген. Осыған байланысты күріш дақылынан әртүрлі деңгейлерде өнімділікті қамтамасыз етуге бағытталған тыңайтқыштардың нормалары ұсынылады [12, 13]. Топырақта жылжымалы фосфор мен алмаспалы калий мөлшері төмен болған жағдайда, күріштен 40-50 ц/га өнім алу үшін фосфор тыңайтқыштарының 60-90 кг/га және калий тыңайтқыштарының 30-60 кг/га нормаларын қолдану қажет. Күріштен 60-70 ц/га өнім алу үшін фосфор тыңайтқыштарының нормасын 90-120 кг/га, ал калий тыңайтқыштарының нормасын 60-90 кг/га жоғарылатады.

Жылжымалы фосфор және алмаспалы калиймен орташа дәрежеде қамтамасыз етілген топырақтарда, күріштен 40-50 ц/га өнім алу үшін фосфор тыңайтқыштарын 30-60 кг/га және калий тыңайтқыштарын 30 кг/га нормасында қолданады. Күріштен жоғары 60-70 ц/га өнім алу үшін фосфор тыңайтқыштарын 60-90 кг/га, ал калий

тыңайтқыштарын 60 кг/га нормада береді. Егер топырақта жылжымалы фосфор мен алмаспалы калийдің мөлшері өте жоғары деңгейлерде қамтамасыз етілсе, онда 40-50 ц/га алу үшін фосфор тыңайтқыштарын 30 кг/га асырмайды, ал калий тыңайтқыштарын қолданбайды.

Тұзданған күрішті-батпақты топырақтарда фосфор тыңайтқыштарының нормасын 10-15% арттырып, ал калий тыңайтқыштарының нормаларын, керісінше, 20-30% төмендетеді. Фосфор тыңайтқыштарының тиімді формалары: жәй және қос суперфосфат, аммофос пен диаммофос болса, ал калий тыңайтқыштарынан калий тұзы, хлорлы калий, калий сульфаты және калий электролит болып табылады.

Ақдала күріш өсіру алқабында өсірілетін басқа ауылшаруашылығы дақылдары үшін жоғарыда ұсынылған іс-шараларды уақытында әрі толық орындайтын болса, олардан жоғары әрі сапалы өнім алуды қамтамасыз етуге болады және шаруашылықтардың экономикалық және экологиялық жағдайлары едәуір жақсарыды.

ҚОРЫТЫНДЫ

Ақдала күріш өсіру алқабының топырақтарын ұзақ жылдар бойы ауылшаруашылығында пайдаланудан, олардың химиялық және физика-химиялық қасиеттері айтарлықтай деградация процесіне ұшырайды. Әртүрлі ауылшаруашылық құрылымдарының топырақтарының тұздану және кебірлену дәрежелері түрліше болып келеді және олардың ішінде әлсіз, орташа, күшті тұзданған және сортаң кебір топырақтар кездеседі. Күрішті - батпақты топырақтардың құрамында қарашірінді мөлшері беткі қабатта (0-25 см) 0,86-2,01% аралығында болса, ал төменгі (25-40 см) қабатта 0,63-1,78% аралығында өзгереді.

Алқапта орналасқан «Марат» ШҚ, «Өтес» ЖШС күрішті - батпақты топырақтары жеңіл ыдырайтын азотпен

орташа-көтеріңкі 49,0-59,5 мг/кг, «Өтес-Ақдала» ЖШС және «Попов» ЖШС топырақтары жоғары 77,0-80,5 мг/кг дәрежеде қамтамасыз етілген. «Попов» ЖШС, «Марат» ШҚ, «Өтес» ЖШС топырақтары жылжымалы фосформен өте төмен және төмен деңгейде (6,0-16,0 мг/кг) қамтамасыз етілсе, ал «Өтес-Ақдала» ЖШС күрішті - батпақты топырақтары көтеріңкі дәрежеде қамтамасыз етілген. Зерттелген топырақтар алмаспалы калийдің деңгейі бойынша төмен (100-200 мг/кг) және орташа (201-300 мг/кг) қамтамасыз етілген. Тек, «Береке» ШҚ күрішті-сортаң-кебір топырақтары жеңіл ыдырайтын азотпен көтеріңкі (66,5 мг/кг), жылжымалы фосформен өте жоғары (82,0 мг/кг) және алмаспалы калиймен жоғары (440,0 мг/кг) дәрежеде қамтамасыз етілгендігі анықталды.

Негізінен Ақдала күріш өсіру алқабының топырақтары гранулометриялық құрамы бойынша құмайт және жеңіл құмбалшықты топырақтар қатарына жатады, яғни физикалық балшық (<0,01 мм) мөлшері 13,06-31,21% аралығында болды. Топырақтардың жырытылатын қабатындағы (0-25 см) сіңірілген негіздердің сиымдылығы 8,97-26,85 мг/экв аралығында болса, олардың ішінде Ca^{2+} мен Mg^{2+} иондары басым және 92-95% құрайды.

Шаруашылықтар бойынша күрішті-батпақты топырақтардың беткі қабаты жеңіл еритін тұздармен әлсіз дәрежеде тұзданған және тұздардың қосындысы 0,128-0,303% аралығында кездеседі. Тек, «Береке» ШҚ топырағы күрішті-сортаң-кебір топырақ болғандықтан тұздану дәрежесі өте жоғары және тұздардың қосындысы беткі қабатта 4,004%, ал төменгі қабатта 4,558% құрайды.

Жүргізілген агрохимиялық зерттеулердің нәтижесіне сәйкес, алқапта өсірілетін күріш және басқа ауылшаруашылық дақылдарынан (жүгері, сорго, жоңышқа, бір жылдық бұршақ тұқым-

дастар, судан шөбі, мақсары, рапс, бидай және т.б.) мол әрі сапалы өнім алу үшін тыңайтқыштардың тиімді нормалары ұсынылады. Тыңайтқыштардың нормасы бірінші кезекте топырақтың жылжымалы қоректік элементтермен қамтамасыз етілу дәрежесі мен алынатын өнім деңгейлеріне байланысты болады. Күріш дақылына жоңышқаның тыңнан кейін азот тыңайтқыштарының 60-90 кг, тыңның аудармасынан кейін 90-120 кг және тыңның аудармасының

3-ші жылы 130-150 кг/га нормалары тиімді болады. Фосфор тыңайтқыштарының нормалары күріш және басқа ауылшаруашылығы дақылдарының алынатын өнім деңгейлері мен топырақтағы жылжымалы фосфордың мөлшеріне байланысты 60-120 кг/га, аралығында, ал калий тыңайтқыштарының нормалары, топырақтағы алмаспалы калий мөлшеріне байланысты 30-60 кг/га аралығында өзгереді.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Bindraban P. S. et al. Assessing the impact of soil degradation on food production // *Current Opinion in Environmental Sustainability*. – 2012. – Т. 4. – № 5. – С. 478-488.
2. Jie C. et al. Soil degradation: a global problem endangering sustainable development // *Journal of Geographical Sciences*. – 2002. – Т. 12. – С. 243-252.
3. Tokbergenova A. et al. Causes and impacts of land degradation and desertification: Case study from Kazakhstan // *Vegetation of central asia and environs*. – 2018. – С. 291-302.
4. Сапаров А. С., Козыбаева Ф. Е. Пленарные доклады почвенный покров Казахстана, его экология и приоритетные направления почвенных исследований // *Почвоведение и агрохимия*. – 2012. – № 4. – С. 58-63.
5. Ибраева М. А. и др. Современное состояние плодородия почв СПК «Азия агрогрупп» Шаульдерского массива орошения Туркестанской области // *Почвоведение и агрохимия*. – 2024. – № 3. – С. 20-32.
6. Suleimenov M. et al. Land degradation issues in Kazakhstan and measures to address them: research and adoption // *Pedologist*. – 2012. – Т. 55. – № 3. – С. 373-381.
7. Osman K. T. Chemical soil degradation // *Soil degradation, conservation and remediation*. – Dordrecht: Springer Netherlands, 2013. – С. 125-148.
8. Елешев Р.Е., Смағұлов Т.С., Балғабаев Ә.М., Рамазанова Р.Х. Агрохимиялық зерттеулер әдістемесі. Алматы, 2014, 256 б.
9. Сборник методических указаний по лабораторным исследованиям почв и растительности Республики Казахстан (издание третье, дополненное и переработанное). - Алматы, 1998. - С. 19-35.
10. Методическое пособие по составлению курсовой работы «Организация проведения полевого опыта и составление картограмм». – Алматы. – 2007. – С. 23-27.
11. Ибраева М. А. Плодородие рисово-болотных почв Акдалинского массива орошения (на примере АФ «Бырлык») // *Почвоведение и агрохимия*. – 2021. – № 2. – С. 5-19.
12. Нургасенов Т.Н., Балғабаев А.М., Каракальчев А.С., Хидиров К.Р., Аймақов Ж. Рекомендации по возделыванию полевых культур и риса на землях Акдалинского массива, Изд-во «Полиграфия», г. Алматы, 2025, 22 с.
13. Таутенов И.А. Күріштің тыңайтқыш қолдану жүйесі. Қызылорда, 2022, 133 б.

REFERENCES

1. Bindraban P. S. et al. Assessing the impact of soil degradation on food production // Current Opinion in Environmental Sustainability. – 2012. – Т. 4. – № 5. – S. 478-488.
2. Jie C. et al. Soil degradation: a global problem endangering sustainable development // Journal of Geographical Sciences. – 2002. – Т. 12. – S. 243-252.
3. Tokbergenova A. et al. Causes and impacts of land degradation and desertification: Case study from Kazakhstan // Vegetation of central asia and environs. – 2018. – S. 291-302.
4. Saparov A. S., Kozybayeva F. Ye. Plenarnye doklady pochvenny pokrov Kazakhstana, ego ekologiya i prioritetye napravleniya pochvennykh issledovaniy // Pochvovedeniye i agrokhimiya. – 2012. – № 4. – S. 58-63.
5. Ibrayeva M. A. i dr. Sovremennoye sostoyaniye plodorodiya pochv SPK «Aziya agrogrupp» Shaulderskogo massiva orosheniya Turkestanskoy oblasti // Pochvovedeniye i agrokhimiya. – 2024. – № 3. – S. 20-32.
6. Suleimenov M. et al. Land degradation issues in Kazakhstan and measures to address them: research and adoption // Pedologist. – 2012. – Т. 55. – № 3. – S. 373-381.
7. Osman K. T. Chemical soil degradation // Soil degradation, conservation and remediation. – Dordrecht: Springer Netherlands, 2013. – S. 125-148.
8. Eleshev R.E., Smagulov T.S., Balgabaev A.M., Ramazanova R.H. Agrohimiya lyk zertteuler adistemesi. Almaty, 2014, 256 b.
9. Sbornik metodicheskikh ukazany po laboratornym issledovaniyam pochv i rastitelnosti Respubliki Kazakhstan (izdaniye tretye, dopolnennoye i pererabotannoye). – Almaty, 1998. – S. 19-35.
10. Metodicheskoye posobiye po sostavleniyu kursovoy raboty «Organizatsiya provedeniya polevogo opyta i sostavleniye kartogramm». – Almaty. – 2007. – S. 23-27.
11. Ibrayeva M. A. Plodorodiye risovo-bolotnykh pochv Akdalinskogo massiva orosheniya (na primere AF «Byrlyk») // Pochvovedeniye i agrokhimiya. – 2021. – № 2. – S. 5-19.
12. Nurgasenov T.N., Balgabaev A.M., Karakal'chev A.S., Hidirov K.R., Ajmakov ZH. Rekomendacii po vozdeyvaniyu polevykh kul'tur i risa na zemlyah Akdalinskogo massiva, Izd-vo «Poligrafiya», g. Almaty, 2025, 22 s.
13. Tautenov I.A. Kurishtin tynajtkysh koldanu zhujesi. Qyzylorda, 2022, 133 b.

РЕЗЮМЕ

А.М. Балгабаев¹, А.Х. Наушабаев¹, А.М. Шибикеева^{1*}, К.О. Караева¹, Г.О. Бейсенова¹
ДЕГРАДАЦИЯ ХИМИЧЕСКОГО И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА
РИСОВО-БОЛОТНЫХ ПОЧВ АКДАЛИНСКОГО МАССИВА РИСОСЕЯНИЯ И ПУТИ
ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИХ ПЛОДОРОДИЯ

*Казахский национальный аграрный исследовательский университет,
050021, Алматы, пр. Абая, 8, Казахстан, *e-mail: shm.aigerim@mail.ru*

В статье представлены данные о деградации химического и физико-химического состава рисово-болотных почв и способах восстановления их плодородия по результатам агрохимических исследований, проведенных на Акдалинском массиве рисосеяния в 2024 году. Содержание гумуса в составе рисово-болотных почв очень низкое. В пахотном слое (0–25 см) варьирует в пределах 0,86–2,01% и ниже (25–40 см) – 0,63–1,78%. Степень засоления рисово-болотных почв на массиве различна: встречаются слабо-, средне-, сильнозасоленные почвы и солончаки. Рисово-болотные почвы КХ «Марат» и ТОО «Өтес»

характеризуются средним и повышенным содержанием легкогидролизуемого азота (49,0–59,5 мг/кг), тогда как почвы ТОО «Өтес-Ақдала» и ТОО «Попов» обеспечены им на высоком уровне (77,0–80,5 мг/кг). По содержанию подвижного фосфора почвы ТОО «Попов», КХ «Марат» и ТОО «Өтес» относятся к категориям с очень низким и низким уровнем обеспеченности (6,0–16,0 мг/кг), тогда как почвы ТОО «Өтес-Ақдала» имеют повышенный уровень обеспеченности. По содержанию обменного калия почвы массива обеспечены в низкой (100–200 мг/кг), средней (<201–300 мг/кг) и высокой (401–600 мг/кг) степени. Для восстановления плодородия рисово-болотных почв и получения высокого, качественного урожая риса и других сельскохозяйственных культур необходимо своевременно выполнять предложенные агро-мелиоративные, агро-технические и агро-химические мероприятия. Эффективность органических и минеральных удобрений, применяемых под рис и другие культуры, зависит от содержания подвижных элементов питания в почве и планируемого уровня урожайности. Для культуры риса эффективными нормами азотных удобрений являются: 60–90 кг/га после пласта люцерны, 90–120 кг/га после оборота пласта и 130–150 кг/га на третий год после оборота пласта. Нормы фосфорных и калийных удобрений варьируют в пределах 60–120 кг/га и 30–60 кг/га соответственно, в зависимости от содержания этих элементов в почве и уровня урожайности риса и других культур.

Ключевые слова: деградация, рисово-болотные почвы, химические и физико-химические свойства почв, плодородие, культура риса, органические и минеральные удобрения.

SUMMARY

A.M. Balgabaev¹, A.H. Naushabaev¹, A.M. Shibikeyeva^{1*}, K.O. Karaeva¹, G.O. Bejsenova¹
DEGRADATION OF CHEMICAL AND PHYSICO-CHEMICAL COMPOSITION OF RICE-PADDY
SOILS IN THE AKDALA RICE-GROWING MASSIF AND WAYS TO RESTORE THEIR
FERTILITY

¹*Kazakh National Agrarian Research University, 050021 Almaty, Abay avenue, 8,
Kazakhstan, *e-mail: shm.aigerim@mail.ru*

The article presents data on the degradation of the chemical and physico-chemical composition of rice-paddy soils and methods for restoring their fertility based on the results of agrochemical studies conducted at the Akdala rice-growing massif in 2024. The humus content in rice-paddy soils is very low, ranging from 0.86–2.01% in the topsoil (0–25 cm) and 0.63–1.78% in the subsoil (25–40 cm). The degree of salinity in the rice-paddy soils across the massif varies, including slightly, moderately, and highly saline soils, as well as solonchaks. "Rice-marsh soils of 'Marat' Farm and 'Otes' LLP are characterized by medium and increased content of easily hydrolyzable nitrogen (49.0–59.5 mg/kg), whereas the soils of 'Otes-Akdala' LLP and 'Popov' LLP show high levels (77.0–80.5 mg/kg). Regarding mobile phosphorus content, the soils of 'Popov' LLP, 'Marat' Farm, and 'Otes' LLP are classified as having very low and low availability (6.0–16.0 mg/kg), while the soils of 'Otes-Akdala' LLP show an increased level of availability. In terms of exchangeable potassium content, the soils of the massif range from low (100–200 mg/kg) and medium (<201–300 mg/kg) to high (401–600 mg/kg) availability levels." To restore the fertility of rice-paddy soils and ensure high-quality yields of rice and other crops, it is essential to implement the proposed agro-meliorative, agro-technical, and agro-chemical measures in a timely manner. The effectiveness of organic and mineral fertilizers applied to rice and other crops depends on the content of mobile nutrients in the soil and the planned yield targets. For rice crops, effective nitrogen fertilizer rates are: 60–90 kg/ha after alfalfa sod, 90–120 kg/ha after the second year of sod, and 130–150 kg/ha in the third year after sod. Phosphorus and potassium fertilizer rates range from 60–120 kg/ha and 30–60 kg/ha, respectively, depending on the soil nutrient content and the target yield for rice and other crops.

Keywords: degradation, rice-paddy soils, chemical and physico-chemical soil properties, fertility, rice crop, organic and mineral fertilizers.

АВТОРЛАР ТУРАЛЫ МӘЛІМЕТ

1. Балгабаев Алимбай Мадибекович – «Топырақтану, агрохимия және экология» кафедраның профессоры, а.ш.ғ.к., ҚР ҰАҒА академигі, <https://orcid.org/0000-0002-6580-0717>, e-mail: alimbai@bk.ru

2. Наушабаев Асхат Хамитович - Топырақтану, агрохимия және экология» кафедраның қауымдастырылған профессоры, PhD, <https://orcid.org/0000-0001-8291-265X>, e-mail: askhat.naushabayev@kaznaru.edu.kz

3. Шибикеева Айгерим Мейрамбаевна - «Агробиология» факультеті деканның орынбасары, PhD, қауымдастырылған профессор, <https://orcid.org/0000-0003-2085-2027>, e-mail: shm.aigerim@mail.ru

4. Караева Карлыга Оспановна - Топырақтану, агрохимия және экология» кафедраның аға оқытушы, PhD, <https://orcid.org/0000-0002-4074-5352>, e-mail: karlyga.karayeva@kaznaru.edu.kz

5. Бейсенова Гульфайруз Орынбаевна – «Топырақтану, агрохимия және экология» кафедраның аға оқытушы, PhD, <https://orcid.org/0000-0002-1849-9554>, e-mail: gulfairuz.beisenova@kaznaru.edu.kz

ГРНТИ 68.33.29

DOI: 10.51886/1999-740X_2026_2_61

К. Конысбеков^{1*}, Л.К. Табынбаева¹, С.С. Калиева²**ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ МАТОЧНОЙ СВЕКЛЫ ЛЕТНЕГО ПОСЕВА В УСЛОВИЯХ ЮГО-ВОСТОКА КАЗАХСТАНА**

¹ТОО «Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства», 040909, Алматинская область, Карасайский район, село Алмалыбак, ул. Ерленесова 1, Казахстан, *e-mail: kerimtay58@mail.ru

²ТОО НПЦ «Агроинженерии», 050005, Алматы, пр. Райымбека, 312, Казахстан

Аннотация. Сахарная свекла относится к культурам, которая в настоящее время приносит наибольший доход, но пока урожайность ее находится не на высоком уровне. Для получения высокого выхода корней маточной свеклы необходимо не только выбрать гибрид, соблюдать агротехнику, но и установить оптимальные нормы внесения удобрений. Анализ литературных данных показывает, что применение удобрений увеличивает урожай маточных корнеплодов свеклы на 30-40%. В связи с этим, обеспечение производства сахарной свеклы высококачественным посевным материалом, основанное на внедрении в процесс семеноводства интенсивных приемов выращивания семян, является важной задачей, определяющей развитие свеклосахарного подкомплекса. Результаты исследований показали положительное влияние минеральных удобрений на растения маточной свеклы, на их рост и развитие. Выявлены зависимости выноса НРК из почвы от норм и доз внесения минеральных удобрений, соотношения основных питательных веществ и урожайности посевов. В случае внесения удобрений показатели выноса НРК корнеплодов летней маточной свеклы были выше контрольных: азот - 3-5%, калий - 2-4%, а по фосфору существенной разницы не наблюдалось. Объем выноса НРК материнской свеклы через листья стал значительно выше и увеличился в соответствии с увеличением количества удобрений: азота - 6-9%, фосфора - 5-8%, калия - 5-9%.

Ключевые слова: маточная свекла, семенные растения, МС форма, МС гибрид, минеральное питание, вынос питательных веществ, урожайность.

ВВЕДЕНИЕ

Семеноводство сахарной свеклы - энергоемкая и затратная отрасль, что связано в большой мере с устранением негативного влияния факторов окружающей среды на рост и развитие растений первого и второго года жизни. Вместе с тем, рентабельность и конкурентоспособность семеноводства в плане получения высококачественного посевного материала можно повысить за счет максимальной реализации биологического потенциала культуры. Одним из направлений решения этого вопроса является применение научно-обоснованной сбалансированной системы питания растений, включающей внесение минеральных, органических удобрений и комплекса корневых и внекорневых подкормок, в том числе микроэлементами.

Урожайность семян сахарной свеклы зависит от типа куста семенных растений, определяющего количество продуктивных стеблей, а также их высоты и обсемененности (количества завязавшихся семян на единице длины цветоносного побега), массы семян. Важнейшими показателями качества семян являются: доля посевных фракций в заготовляемом ворохе (4,5-5,5 и 3,5-4,5 мм), энергия прорастания, лабораторная всхожесть и доброкачественность, которые нормируются действующим в РК ГОСТ. Энергия прорастания характеризует начальную ростовую активность семян и предопределяет формирование дружных и выровненных всходов в полевых условиях.

Возделывание фабричных посевов гибридов сахарной свеклы по современным технологиям предусматривает

использование сеялок точного высева с посевом семян на конечную густоту порядка 1,3 п.е./га. Это предъявляет определенные требования к заготавливаемому сырью семян: всхожесть – не менее 70%, доброкачественность – не менее 88%, односемянность – не менее 85%, общее содержание семян не посевных фракций (<3,5 мм и >5,5 мм) – не более 25% [1].

В связи с этим, обеспечение производства сахарной свеклы высококачественным посевным материалом, основанное на внедрении в процесс семеноводства интенсивных приемов выращивания семян, является важной задачей, определяющей развитие свеклосахарного подкомплекса.

Многочисленными исследованиями установлено, что внекорневые подкормки фабричных посевов сахарной свеклы микроэлементами положительно влияют на все биохимические и физиологические процессы, протекающие в растениях, что способствует повышению их устойчивости к стрессовому воздействию пестицидов и абиотическим факторам внешней среды [2-6]. Однако, в литературе в недостаточной степени освещен вопрос о применении современных форм микроудобрений на материнском компоненте в семеноводстве гибридов сахарной свеклы на ЦМС-основе. Тем не менее, использование внекорневых подкормок микроэлементами эффективно не только в фабричном свекловодстве, но и в семеноводстве сахарной свеклы как на этапе выращивания посадочного материала (маточных корнеплодов), так и семенных растений, что способствует увеличению выхода здоровых посадочных корнеплодов с единицы площади, улучшению их сохранности и, как следствие, урожайности и посевных качеств получаемого сырья семян [7-9].

Сахарная свекла отличается высокой отзывчивостью на внесение удобрений. Оптимальные дозы макроэле-

ментов, внесенные в почву осенью под вспашку в качестве основного минерального удобрения, позволяют увеличить сбор семян сахарной свеклы до 62%, энергию прорастания и всхожесть семян – на 3,5– 6,0%, выполненность и доброкачественность – на 3,3–4,5%, а также повысить массу 1000 плодов до 10% [10].

Поглощение растениями элементов питания из почвы продолжается в течение всего периода вегетации, что определяет их высокий вынос [11-14]. Опубликованные данные указывают на изменение содержания NPK в сахарной свекле при использовании удобрений. Исследования Н.В. Гвоздева [12] подтверждают, что при повышении доз минеральных удобрений с $N_{120}P_{120}K_{120}$ до $N_{240}P_{240}K_{240}$ вынос азота корнеплодами увеличивался на 23,1%, фосфора – на 23,6%, калия – на 14,4%, а по сравнению с контролем без удобрений соответственно – на 58,5; 59,7 и 48,8%.

В исследованиях А.Н. Кожокиной и др. [15] содержание NPK в 1 т продукции при внесении удобрений и мелиоранта возросло: по N – до 15,0%, P_2O_5 – до 35%, K_2O – до 10% относительно контроля [15, 17]. По данным ряда исследователей с 1 т корнеплодов, в зависимости от системы возделывания и соотношения массы ботвы и корнеплодов, выносятся 4,0–6,0 кг азота, 1,6–2,0 кг фосфора и 4,6–10,0 кг калия [16-21].

Некоторые авторы приводят данные, что на формирование 1 т корнеплодов и соответствующего количества ботвы маточная свекла весеннего посева выносит из почвы 5,2–6,4 кг азота, 1,7–2,4 кг фосфора и 6,1–7,9 кг калия [14].

Приемы производства семян сахарной свеклы изучались в элитно-семеноводческих хозяйствах. Для высадки использовались крупные маточные корнеплоды (150–600 г), получаемые при весеннем посеве, а также

семенные растения многосемянных и полигибридных форм и безвысадочных семенников [13, 14, 16, 22]. Резервом повышения производственных и экономических показателей высадочного способа семеноводства является оптимизация технологических операций, предусматривающих использование более мелких корнеплодов-штеклингов летнего срока посева (30–80 г) и усовершенствование системы минерального питания семенных растений, выращиваемых на орошении.

Цель исследований. Изучить влияние минеральных удобрений на урожай и вынос элементов питания маточной сахарной свеклой родительскими компонентами МС гибридов, выращиваемых пересадочным способом методом штеклингов в условиях юго-востока Казахстана.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Полевые исследования проводились на стационарных участках лаборатории сахарной свеклы ТОО «КазНИИЗиР». Опыты закладывали по следующей схеме: 1. Контроль (без удобрений); 2. N₆₀ P₆₀ K₆₀; 3. N₉₀ P₉₀ K₉₀; 4. N₁₂₀ P₁₂₀ K₁₂₀.

Маточная свёкла размещалась после озимой пшеницы. Общая площадь делянки – 120 м², учетная площадь – 80 м². Повторность опыта 3х-кратная. Размещение делянок – рендомизированное.

Объекты исследований. Материалом исследований служили маточные растения сахарной свеклы МС форма и отцовская форма родительских компонентов гибрида Шекер, допущенный в производство в 2017 году, размещенные в соотношениях 4х1.

Гибрид Шекер. Авторы: Конысбеков Керимкул, Калибаев Бакытжан Сакбаевич, Бастаубаева Шолпан Оразовна, Кулкеев Ерлан Елюбаевич, Альдеков Нургали Акаевич, Мауи Адилхан Абуулы, Дуйсенбекова Гульжан Алимхановна. Оригинатор:

ТОО «Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства».

Односемянный диплоидный гибрид, созданный на стерильной основе, урожайно-сахаристого направления. Растение среднерослое, выравненность растений по высоте – хорошая, форма корнеплода – ширококоническая, масса одного корнеплода от 618 до 1166 г, глубина погружения в почву – сильная, расположение листьев – полустелющийся, листья средней длины. Средняя урожайность корнеплодов на орошении составила 540-560 ц/га. Сбор сахара 95,6 ц/га, сахаристость 17,7%.

Гибрид устойчив к поражению корнеедом, мучнистой росой, ризомании, церкоспорозу. Во время испытания на естественном фоне поражение корнеедом 0,5 балла, корневой гнилью составило 1-1,5 балла, ризоманией 0,3-0,4 балла. Допущен к использованию с 2017 года в Алматинской области. Технология возделывания общепринятая для данного региона.

В опытах применяли азотные (аммиачная селитра), фосфорные (аммофос) и калийные (сульфат калия) удобрения.

Под вспашку вносили полную расчетную дозу фосфорных и калийных удобрений, одновременно с посевом внесли аммиачную селитру вручную.

Посев маточной свеклы выполняли на орошаемом стационарном участке во второй декаде августа 2024 года. Уборка маточной свеклы проведена вручную во второй декаде ноября с оставлением черешка 3-5 см, чтобы не повредить ростовые почки, мелкие корнеплоды весом 50-120 г затарены в мешки и заложены до следующей весны на хранение в зернохранилище. Условия питания растений маточной свеклы изучались с учетом схем, норм и сроков внесения минеральных удобрений.

Почвы опытного участка - предгорные светло-каштановые, сформированные на лёссовидных суглинках, имеют ясно выраженный плодородный профиль. Характерной чертой светло-каштановых почв является их высокая карбонатность, вскипают от HCl с поверхности. По гранулометрическому составу почвы относятся к крупнопылеватым средним суглинкам, содержание физической глины 39-42%, крупной пыли 45-51%, ила 12-17%.

Обеспеченность почвы легкогидролизуемым азотом, подвижным фосфором, обменным калием – средняя. Почва не засолена. Сумма солей в верхнем слое не превышает 0,12%. Светло-каштановая почва в верхнем горизонте содержит 2,02% гумуса, 0,12-0,14% валового азота.

По водно-физическим свойствам светло-каштановая почва характеризуется следующими показателями: удельная масса колеблется в диапазоне 2,62-2,72 г/см³, объемная масса - 1,23-

1,35 г/см³, пористость - 50-53%. Величина влажности устойчивого завядания - 6-8%.

Для определения подвижных макроэлементов использовали традиционные методы анализа: легкогидролизуемый азот по Тюрину-Кононовой, подвижный фосфор и обменный калий по Мачигину по модификации ЦИНАО. ГОСТ 26205-91.

Содержание N, P, K в корнеплодах и листьях определили по методам испытания сахарной свеклы ГОСТ Р 53036-2008.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Почвенный анализ в слое 0–30 см показал, что обеспеченность почв питательными элементами на период сева маточной свеклы в августе составила: на фоне 1 (без удобрения) содержание легкогидролизуемого азота очень низкое – 13,7-22,1 мг/кг, подвижного фосфора очень высокое – 80-83,0 мг/кг, и обменного калия среднее – 238,0-251,0 мг/кг.

Таблица 1 – Содержание подвижных форм макроэлементов в почве перед посевом маточной свеклы и перед уборкой урожая, мг/кг

№ п/п	Варианты	Подвижные формы, мг/кг		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Перед посевом маточной свеклы				
1	Контроль без удобрения	13,7	80,0	238,0
2	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	14,4	82,0	249,0
3	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	19,1	82,0	251,0
4	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	22,1	83,0	246,0
Перед уборкой маточной свеклы				
1	Контроль без удобрения	7,8	60,0	217,0
2	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	7,7	68,2	244,0
3	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	7,5	69,0	246,0
4	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	7,8	70,0	253,0
	НСП ₀₅ мг/кг	0,2	3,3	40,2
	P, %	0,03	3,7	16,7

Перед уборкой маточной свеклы наблюдается снижение содержания в почве легкогидролизуемого азота, под-

вижного фосфора и обменного калия по сравнению с исходным. Содержание макроэлементов по вариантам опыта

составило на фоне 1 (без удобрения) азота – 7,8 мг/кг, фосфора – 60,0 мг/кг, калия – 217 мг/кг; на фоне 2 (N₆₀P₆₀K₆₀) – соответственно 7,7; 68,2; 244,0 мг/кг; на фоне 3 (N₉₀P₉₀K₉₀) – соответственно 7,5; 69,0; 246 мг/кг; – на фоне 4 (N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀) – соответственно 7,8; 70,0; 253 мг/кг.

Легкогидролизуемый азот в почве является одной из наиболее доступных форм органического азота, которую сахарная свекла активно использует для формирования корневой системы, листового аппарата и накопления сахара. Он служит источником питания на ранних стадиях роста и напрямую влияет на урожайность и качество корнеплодов. Содержание легкогидролизуемого азота по вариантам опыта перед уборкой урожая было на одном уровне 7,5-7,8 мг/кг почвы независимо от доз применения азотных удобрений (таблица 1).

Подвижный фосфор необходим для формирования корневой системы сахарной свеклы, накопления сахара в корнеплодах и активного фотосинтеза. Содержание подвижного фосфора перед уборкой сахарной свеклы на контрольном варианте уменьшается от 80,0 до 60,0 мг/кг. На вариантах 2-4 с приме-

нением аммофоса в дозах от 60 до 120 кг наблюдается повышение содержания подвижного фосфора на 8,2-10,0 мг/кг почвы по сравнению с контрольным вариантом.

Обменный калий необходим для регулирования водного режима, синтеза сахаров и крахмала, повышения устойчивости к стрессам и формирования урожая корнеплодов. На варианте 1 без применения минеральных удобрений содержание обменного калия составляет 217 мг/кг почвы. Применение калийных удобрений K₆₀₋₁₂₀ на вариантах 2-4 повышает содержание калия на 27-36 мг/кг почвы.

Густота растений в среднем по опыту с применением удобрений маточной свеклы составила к уборке 233,0 тыс./га, в том числе на фоне 1 (без удобрений) – 144 тыс./га, на фоне 2 (N₆₀P₆₀K₆₀) – 221,3 тыс./га, на фоне 3 (N₉₀P₉₀K₉₀) – 230,8 тыс./га, на фоне 4 (N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀) – 235,9 тыс./га. Урожайность маточной свеклы (корнеплоды + листья) на опытных вариантах составила: на фоне 2 – 332,5 ц/га, на фоне 3 – 365,8 ц/га, на фоне 4 – 438,6 ц/га, а на контроле – 188,3 ц/га (таблица 2).

Таблица 2 - Урожайность маточной свеклы при разных дозах минерального питания

№ п/п	Варианты	Густота тыс. шт/га	Урожайность, ц/га		
			всего корнеплоды+ листья	в том числе	
				корнеплоды (штеклинги)	листья (ботвы)
1	Контроль без удобрения	144,0	188,3	27,9	160,4
2	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	221,3	332,5	64,4	268,1
3	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	230,8	365,8	77,9	287,9
4	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	235,9	438,6	84,2	354,3
	НСП ₀₅ ц/га		142,8		
	Р %		43,1		

Применение удобрений способствовало нарастанию массы корнеплодов, листового аппарата, накоплению в них сухого вещества и сахара и получению

оптимального размера посадочных корнеплодов – штеклингов. Отмечена тенденция увеличения массы корнеплодов и листового аппарата в вариан-

тах с внесением минеральных удобрений. Так, при внесении основного удобрения на фоне 2, средняя масса корнеплодов составила 31,4 г и увеличилась на 19,4%, масса листьев составила 130,2 г или на 18% больше. На фоне 3 показатели по корнеплодам составили 37,2 г и 41,4% соответственно, по листьям – 134,7 г и 22,1%. На фоне 4 средняя масса корнеплодов достигла 34,3 г, а листьев – 142,3 г, что соответственно на 30,4 и 29% больше по отношению к контрольному варианту без удобрения, где средняя масса корнеплодов была 26,3 г, листьев – 110,3 г.

Результаты определения выноса растениями маточной свеклы питательных элементов из почвы показали, что с увеличением применяемых норм удобрений вынос NPK повышался и зависел от урожайности маточных посевов.

Вынос питательных веществ из почвы на единицу урожая корнеплодами маточной свеклы летнего посева

на вариантах с внесением удобрений, был выше на 3–5% по азоту, на 2–4% по калию и без существенных различий по фосфору. Показатели находились в пределах: 3,08–3,3 кг/т азота, 0,69–0,73 кг/т фосфора, 2,96–3,35 кг/т калия. Вынос питательных веществ из почвы листьями маточной свеклы был значительно выше. В вариантах с основным удобрением на фоне 2 (N₆₀P₆₀K₆₀) вынос азота составил 5,2 кг/т, фосфора – 0,68 кг/т, калия – 3,95 кг/т; на фоне 3 (N₉₀P₉₀K₉₀) соответственно – 5,62, 0,75; 4,24 кг/т, на фоне 4 (N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀) – 5,35; 0,74; 4,4 кг/т, а на фоне 1 (контроль без удобрения) – 5,01; 0,72 и 3,57 кг/т. То есть, с увеличением доз внесения удобрения вынос питательных веществ из почвы повышался: азота – на 6–9%, фосфора – на 5–8%, калия – на 5–9% (таблица 3).

Наибольший вынос питательных веществ из почвы наблюдался при внесении повышенных норм основного и предпосевного удобрения.

Таблица 3 - Вынос NPK из почвы урожаем растений маточной свеклы в зависимости от дозы внесения минеральных удобрений, кг/т

№ п/п	Варианты	Всего корнеплоды с листьями			Вынос корнеплодами - штеклингами			Вынос листьями (ботва)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	Контроль без удобрения	7,71	1,42	6,87	2,7	0,7	3,3	5,01	0,72	3,57
2	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	8,4	1,4	7,3	3,2	0,72	3,35	5,20	0,68	3,95
3	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	8,7	1,48	7,42	3,08	0,73	3,18	5,62	0,75	4,24
4	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	8,65	1,43	7,36	3,30	0,69	2,96	5,35	0,74	4,40
	НСР ₀₅ кг/т	0,2	0,1	0,56						
	P %	4,6	7	7,8						

Таким образом, в погодных условиях 2024 года вынос питательных веществ из почвы растениями маточной свеклы (корнеплоды + листья) составил: при внесении малых доз удобрения на фоне 2 (N₆₀P₆₀K₆₀) 8,4 кг/т азота, 1,4 кг/т фосфора, 7,3 кг/т калия. При средних нормах основного удобрения на фоне 3 (N₉₀P₉₀K₉₀) – соответственно

8,7 кг/т азота, 1,48 кг/т фосфора, 7,42 кг/т калия. При повышенных нормах основного удобрения на фоне 4 (N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀) – 8,65 кг/т азота, 1,43 кг/т фосфора и 7,36 кг/т калия. На фоне 1 (контроль без удобрения) соответственно, 7,71 кг/т азота, 1,42 кг/т фосфора, 7,36 кг/т калия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение аммиачной селитры, аммофоса и сульфата калия благоприятно влияет на пищевой режим почвы, рост, развитие и урожайность сахарной свеклы. Применение аммофоса повышает содержание подвижного фосфора на 8,2-10 мг/кг, сульфата калия – содержание обменного калия на 27-36 мг/кг.

Применение удобрений способствовало нарастанию массы корнеплодов, увеличению размеров листового аппарата, накоплению в них сухого вещества и сахара и получению оптимального размера посадочных корнеплодов – штеклингов. Отмечена тенденция увеличения массы корнеплодов и размеров листового аппарата в вариантах с внесением минеральных удобрений. Так, при внесении основного удобрения на фоне 2 средняя масса корнеплодов составила 31,4 г и увеличилась на 19,4%, масса листьев - 130,2 г или на 18% больше. На фоне 3 показатели по корнеплодам была равна 37,2 г и 41,4% соответственно, по листьям – 134,7 г и

22,1%. На фоне 4 средняя масса корнеплодов достигла 34,3 г, а листьев – 142,3 г, что соответственно на 30,4 и 29% больше по отношению к контрольному варианту без удобрения, где средняя масса корнеплодов была 26,3 г, листьев – 110,3 г.

Результаты определения выноса растениями маточной свеклы питательных элементов из почвы показали, что с увеличением применяемых норм удобрений вынос НРК увеличивался и зависел от урожайности маточных посевов. Вынос питательных веществ из почвы растениями маточной свеклы (корнеплоды+листья) составил: при внесении малых доз удобрения на фоне 2 (N₆₀P₆₀K₆₀) 8,4 кг/т азота, 1,4 кг/т фосфора, 7,3 кг/т калия. При средних нормах основного удобрения на фоне 3 (N₉₀P₉₀K₉₀) соответственно - 8,7 кг/т азота, 1,48 кг/т фосфора, 7,42 кг/т калия. При повышенных нормах основного удобрения на фоне 4 (N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀) – 8,65 кг/т азота, 1,43 кг/т фосфора и 7,36 кг/т калия.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследования выполнены в рамках бюджетной программы 267 МСХ РК, НИР по теме ИРН BR22885311 «Создание высокопродуктивных сортов/гибридов технических культур с использованием классической селекции и достижений биотехнологии, разработка сортовой технологии и организация первичного семеноводства».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семена сахарной свеклы. Посевные качества. Общие технические условия: ГОСТ Р 54044–2010. – М.: Стандартинформ, 2011. – 12 с.
2. Дворянкин А.Е., Шашков Д.Г., Дворянкин Е.А. Факторы, определяющие биологическую активность регуляторов роста, хелатных и гуминовых агрохимикатов // Сахарная свекла. – 2009. – № 3. – С. 32–34.
3. Карпук Л. М. Эффективна ли внекорневая подкормка // Сахарная свекла. – 2013. – № 4. – С. 15-17.
4. Лазарев В.И., Шершнева О.М., Шкрабак Е.С. Препарат Биопаг и микроэлементные удобрения необходимы при возделывании и хранении сахарной свеклы // Сахарная свекла. – 2012. – № 5. – С. 12-15.
5. Минакова О.А., Тамбовцева Л.В., Александрова Л.В. Продуктивность сахарной свеклы на различных фонах основной удобренности при применении корневых и некорневых подкормок // Агрохимия. – 2013. - № 9. – С. 40- 47.

6. Минакова О.А. Способы применения микроудобрений Микровит и Органо-Бор в посевах сахарной свеклы // Сахарная свекла. – 2014. - № 3. – С. 15-17.
7. Буряк И.И. Внекорневые подкормки высадочной культуры // Сахарная свекла. – 2002. – № 8. – С. 21-22.
8. Гаврин Д.С., Бартенев И.И., Кравец М.В. Влияние внекорневой подкормки микроудобрениями на урожай и качество семян // Сахарная свекла. – 2014. – № 4. – С. 30-32.
9. Шевченко А.Г., Корсун В.А. Продуктивность высадочных семенников в зависимости от подкормки новыми удобрениями // Сахарная свекла. – 2007. - № 3. – С. 18-19.
10. Чернышов А.Т., Горячих А.С. Продуктивность семенников сахарной свеклы, качество семян и их химический состав в зависимости от условий питания // Сахарная свекла. – 2015. – № 7. – С. 15-18.
11. Бартенев И.И., Путилина Л.И., Нечаева О.М., Землянухина О.А., Борзенков С.П. Влияние различных зон и способов семеноводства сахарной свеклы на качество семян и продуктивность // Сахарная свекла. – 2015. – № 3. – С. 24-26.
12. Гвоздев Н.В. Влияние удобрений и мелиорантов на урожайность и качество корнеплодов сахарной свеклы: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Каменная степь, 2005. – 24 с.
13. Гизбуллин Н.Г. Научные основы повышения эффективности семеноводства сахарной свеклы: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Киев: ВНИС, 1981. – С. 8-35.
14. Добротворцева А.В. Выращивание сахарной свеклы на семена. – М.: Колос, 1975. – С. 27-126.
15. Кожокина А.Н., Мязин Н.Г., Столповский Ю.И. Влияние многолетнего применения удобрений на урожайность корнеплодов и вынос элементов питания сахарной свеклы // Актуальные проблемы агрохимии современной России и пути их решения: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Воронеж, 2018. – С.174-180.
16. Дроздова В.В., Редина Н.Е. Влияние минеральных удобрений на питательный режим почвы, урожайность и качество корнеплодов сахарной свеклы // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. – 2015. – № 111. – С. 1643-1657.
17. Красильников Е.А. Влияние условий выращивания полиплоидной маточной сахарной свеклы и семенников на урожай и качество семян: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Киев: ВНИС, 1974. – 26 с.
18. Минакова О.В., Александрова Л.В., Подвигина Т.Н. Содержание NPK в различных селекционных формах сахарной свеклы при внесении удобрений в ЦЧР // Сахарная свекла. – 2020. – № 9. – С. 26-30.
19. Рекомендации по семеноводству сахарной свеклы на Кубани / А.Х. Погосян, А.П. Валовиков, А.Г. Шевченко, Ю.А. Бондаренко, Л.М. Палапина, О.Р. Триль, Г.Г. Жоржеско, А.П. Воблов. - Краснодар, 1988. - С. 5-25.
20. Овсянников В.П., Колягин Ю.С., Воронин В.И. Свекловодство. – Воронеж, 2000. – С. 175-186.
21. Шевченко А.Г. Оптимизация системы технологических приемов безвысадочного семеноводства гетерозисных межлинейных гибридов сахарной свеклы: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Рамонь: ВНИИСС, 2002. – 46 с.
- 22 Шпаар Д., Дрегер Д., Захаренко А. и др. Сахарная свекла. – М., 2006. – С. 143-155.

REFERENCES

1. Semena sakharnoy svekly. Posevnye kachestva. Obshchie tekhnicheskie usloviya: GOST R 54044–2010. – M.: Standartinform, 2011. – 12 s.
2. Dvoryankin A.E., Shashkov D.G., Dvoryankin E.A. Faktory, opredelyayushchie biologicheskuyu aktivnost regulyatorov rosta, khelatnykh i guminovykh agrokhimikatov // Sakharnaya svekla. – 2009. – № 3. – S. 32–34.
3. Karpuk L.M. Effektivna li vnekornevaya podkormka // Sakharnaya svekla. – 2013. – № 4. – S. 15–17.
4. Lazarev V.I., Shershneva O.M., Shkrabak E.S. Preparat Biopag i mikroelementnye udobreniya neobkhodimy pri vozdeystvovanii i khranении sakharnoy svekly // Sakharnaya svekla. – 2012. – № 5. – S. 12–15.
5. Minakova O.A., Tambovtseva L.V., Aleksandrova L.V. Produktivnost sakharnoy svekly na razlichnykh fonakh osnovnoy udobrennosti pri primenenii kornevykh i nekornevnykh podkormok // Agrokhiimiya. – 2013. – № 9. – S. 40–47.
6. Minakova O.A. Sposoby primeneniya mikroudobreniy Mikrovit i Organo-Bor v posevakh sakharnoy svekly // Sakharnaya svekla. – 2014. – № 3. – S. 15–17.
7. Buryak I.I. Vnekornevye podkormki vysadochnoy kultury // Sakharnaya svekla. – 2002. – № 8. – S. 21–22.
8. Gavrin D.S., Bartenev I.I., Kravets M.V. Vliyaniye vnekornevoy podkormki mikroudobreniyami na urozhay i kachestvo semyan // Sakharnaya svekla. – 2014. – № 4. – S. 30–32.
9. Shevchenko A.G., Korsun V.A. Produktivnost vysadochnykh semennikov v zavisimosti ot podkormki novymi udobreniyami // Sakharnaya svekla. – 2007. – № 3. – S. 18–19.
10. Chernyshov A.T., Goryachikh A.S. Produktivnost semennikov sakharnoy svekly, kachestvo semyan i ikh khimicheskiiy sostav v zavisimosti ot usloviy pitaniya // Sakharnaya svekla. – 2015. – № 7. – S. 15–18.
11. Bartenev I.I., Putilina L.I., Nechaeva O.M., Zemlyanukhina O.A., Borzenkov S.P. Vliyaniye razlichnykh zon i sposobov semenovodstva sakharnoy svekly na kachestvo semyan i produktivnost // Sakharnaya svekla. – 2015. – № 3. – S. 24–26.
12. Gvozdev N.V. Vliyaniye udobreniy i meliorantov na urozhaynost i kachestvo korneplodov sakharnoy svekly: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk. – Kamennaya step, 2005. – 24 s.
13. Gizbullin N.G. Nauchnye osnovy povysheniya effektivnosti semenovodstva sakharnoy svekly: avtoref. dis. ... d-ra s.-kh. nauk. – Kiev: VNIS, 1981. – S. 8–35.
14. Dobrotvortseva A.V. Vyrashchivaniye sakharnoy svekly na semena. – M.: Kolos, 1975. – S. 27–126.
15. Kozhokina A.N., Myazin N.G., Stolpovskiy Yu.I. Vliyaniye mnogoletnego primeneniya udobreniy na urozhaynost korneplodov i vynos elementov pitaniya sakharnoy svekly // Aktualnye problemy agrokhiimii sovremennoy Rossii i puti ikh resheniya: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Voronezh, 2018. – S. 174–180.
16. Drozdova V.V., Redina N.E. Vliyaniye mineralnykh udobreniy na pitatelnyy rezhim pochvy, urozhaynost i kachestvo korneplodov sakharnoy svekly // Politematicheskiiy setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal KubGAU. – 2015. – № 111. – S. 1643–1657.
17. Krasilnikov E.A. Vliyaniye usloviy vyrashchivaniya poliploidnoy matochnoy sakharnoy svekly i semennikov na urozhay i kachestvo semyan: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk. – Kiev: VNIS, 1974. – 26 s.

18. Minakova O.V., Aleksandrova L.V., Podvigina T.N. Soderzhanie NPK v razlichnykh selektsionnykh formakh sakharnoy svekly pri vnesenii udobreniy v TsChR // Sakharnaya svekla. – 2020. – № 9. – S. 26–30.

19. Rekomendatsii po semenovodstvu sakharnoy svekly na Kubani / A.Kh. Pogosyan, A.P. Valovikov, A.G. Shevchenko, Yu.A. Bondarenko, L.M. Palapina, O.R. Tril, G.G. Zhorzhesko, A.P. Voblov. – Krasnodar, 1988. – S. 5–25.

20. Ovsyannikov V.P., Kolyagin Yu.S., Voronin V.I. Sveklovodstvo. – Voronezh, 2000. – S. 175–186.

21. Shevchenko A.G. Optimizatsiya sistemy tekhnologicheskikh priemov bezvysadynogo semenovodstva geterozisnykh mezhlineynykh gibridov sakharnoy svekly: avtoref. dis. ... d-ra s.-kh. nauk. – Ramon: VNISS, 2002. – 46 s.

22. Shpaar D., Dreger D., Zakharenko A. i dr. Sakharnaya svekla. – M., 2006. – S. 143–155.

ТҮЙІН

К. Қонысбеков^{1*}, Л.К. Табынбаева¹, С.С. Қалиева²

ТЫҢАЙТҚЫШТАРДЫҢ ӘРТҮРЛІ ДОЗАЛАРЫНЫҢ ҚАЗАҚСТАННЫҢ ОҢТҮСТІК-ШЫҒЫСЫ ЖАҒДАЙЫНДА ЖАЗҒЫ ЕГІСТІКТЕГІ АНАЛЫҚ ҚЫЗЫЛШАНЫҢ ӨНІМДІЛІГІНЕ ӘСЕРІ

¹*«Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты» ЖШС, 040909, Алматы облысы, Қарасай ауданы, Алмалыбақ ауылы,*

*Ерленесов көшесі, 1, Қазақстан, *e-mail: kerimtay58@mail.ru.*

²*ҒЗО «Агроинженерия», 050005, Алматы, Райымбек даңғыы, 312, Қазақстан*

Қант қызылшасы қазіргі уақытта ең көп табыс әкелетін дақылдарға жатады, бірақ әзірге оның өнімділігі жоғары деңгейде емес. Аналық қызылшаның тамырларының жоғары өнімділігін алу үшін гибридті таңдап қана қоймай, ауылшаруашылық технологиясын сақтау керек, сонымен қатар тыңайтқыштарды қолданудың оңтайлы нормаларын белгілеу қажет. Әдеби деректерді талдау тыңайтқыштарды қолдану қызылшаның аналық тамыр дақылдарының өнімділігін 30-40% - ға арттыратынын көрсетеді. Осыған байланысты, тұқым өсіру процесіне тұқым өсірудің қарқынды әдістерін енгізуге негізделген қант қызылшасын жоғары сапалы тұқымдық материалмен қамтамасыз ету қызылша қант кіші кешенінің дамуын анықтайтын маңызды міндет болып табылады. Зерттеу нәтижелері минералды тыңайтқыштардың аналық қызылша өсімдіктеріне, олардың өсуі мен дамуына оң әсерін көрсетті. Топырақтан NPK шығарудың минералды тыңайтқыштарды қолдану нормалары мен дозаларына, негізгі қоректік заттардың арақатынасы мен дақылдардың өнімділігіне тәуелділігі анықталды. Тыңайтқыштарды қолдану жағдайында жазғы аналық қызылшаның тамыр дақылдарының NPK шығару көрсеткіштері бақылауға қарағанда жоғары болды: азот - 3–5%, калий - 2–4%, ал фосфор бойынша айтарлықтай айырмашылық байқалмады. Жапырақтар арқылы аналық қызылшаның NPK шығару көлемі едәуір жоғары болып, тыңайтқыш мөлшерінің артуына сәйкес өсті: азот - 6–9%, фосфор - 5–8%, калий - 5–9%.

Түйінді сөздер: аналық қызылша, тұқымдық өсімдіктер, МС пішіні, МС гибриді, минералды қоректендіру, тыңайтқыш дозалары, қоректік заттарды шығару, топырақтағы NPK құрамы, өнімділік.

SUMMARY

K. Konysbekov^{1*}, L.K. Tabynbayeva¹, S.S. Kalieva²

THE EFFECT OF DIFFERENT DOSES OF FERTILIZERS ON THE PRODUCTIVITY OF ROYAL BEETS OF SUMMER SOWING IN THE CONDITIONS OF THE SOUTH-EAST OF KAZAKHSTAN

¹LLP «Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing»,
040909, Almaty region, Karasai district, Almalybak village, Erlepesov str., 1,
Kazakhstan, *e-mail: kerimtay58@mail.ru

²СПСАЕ «Agroengineering», 050005, Rayymbek ave., 312, Almaty, Kazakhstan

Sugar beet is one of the crops that currently generates the most income, but so far its yield is not at a high level. To obtain a high yield of royal beet roots, it is necessary not only to choose a hybrid, observe agricultural techniques, but also to establish optimal fertilizer application rates. An analysis of the literature data shows that the use of fertilizers increases the yield of royal beet root crops by 30-40%. In this regard, ensuring the production of sugar beet with high-quality seed material, based on the introduction of intensive seed cultivation techniques into the seed production process, is an important task that determines the development of the beet sugar subcomplex. The research results have shown the positive effect of mineral fertilizers on royal beet plants, on their growth and development. The dependences of NPK removal from the soil on the norms and doses of mineral fertilizers, the ratio of basic nutrients and crop yields were revealed. In the case of the use of fertilizers, the indicators of NPK release of root crops of summer mother beets were higher than in control ones: nitrogen - 3-5%, potassium - 2-4%, and no significant difference in phosphorus was observed. The volume of NPK release of Mother beets through the leaves was significantly higher and increased in accordance with the increase in the amount of fertilizer: nitrogen - 6-9%, phosphorus - 5-8%, potassium - 5-9 %.

Keywords: uterine beet, seed plants, MS form, MS hybrid, mineral nutrition, fertilizer doses, nutrient removal, soil NPK content, yield.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. Конысбеков Керимкул – Ведущий научный сотрудник лаборатории сахарной свеклы, кандидат сельскохозяйственных наук, <https://orcid.org/0009-0002-4225-0334>, e-mail: kerimtay58@mail.ru

2. Табынбаева Лайла Климовна – Заведующая лабораторией сахарной свеклы, PhD, <https://orcid.org/0000-0001-9721-6737>, e-mail: tabynbaeva.lyaylya@mail.ru

3. Калиева Сайра Советбекова – Научный сотрудник, PhD, <https://orcid.org/0009-0009-6202-7018>, e-mail: sayra.kalieva@mail.ru

IRSTI 68.29.19

DOI: 10.51886/1999-740X_2026_2_72

**Yu.V. Tulayev¹, S.V. Somova², S.A. Tulkubayeva^{2*}, A.B. Abuova³, Zh.O. Oshakbayeva⁴,
Elmira Saljnikov⁵**

**STUDY OF THE SOIL WATER AND NUTRIENT REGIME IN THE CULTIVATION OF
SPRING WHEAT USING CONSERVATION TECHNOLOGY IN A GRAIN-FALLOW CROP
ROTATION ON SOUTHERN CHERNOZEMS OF THE KOSTANAY REGION**

¹*"A.I. Barayev Research and Production Center for Grain Farming" LLP,*

021600, Akmola Region, Nauchny Settlement, A. Barayev St., 15, Kazakhstan

²*LLP "Agricultural Experimental Station "Zarechnoye," 111108, Kostanay Region,
Zarechnoye Village, Yubileynaya St., 12, Kazakhstan, *e-mail: tulkubaeva@mail.ru*

³*"International Engineering and Technological University" LLP,*

050060, Almaty, Al-Farabi Ave., 89/21, Kazakhstan

⁴*"M. Dulatov Kostanay Engineering and Economic University" PI,*

110007, Kostanay, Chernyshevsky St., 59, Kazakhstan

⁵*"Institute of Multidisciplinary Research-Belgrade University",*

11000, Belgrade, Kneza Višeslava St., 1, Serbia

Abstract. The studies were conducted on the experimental plots of "AES "Zarechnoye" LLP, located near the village of Zarechnoye. The study area has a long history of agricultural use, and since 2001 a conservation farming system based on No-till technology has been implemented here. Since 2023, within the framework of the research, a field experiment with a 4-field grain-fallow crop rotation has been established: herbicide fallow – wheat – wheat – wheat. No-till technology is applied. The crop used is spring wheat of the Omskaya 18 variety. In 2024, the highest grain yield was recorded on plots used for sowing the first crop after herbicide fallow in the grain crop rotation – 27.47 c/ha. Analysis of the grain crop rotation showed that spring wheat grown as the first crop after fallow was classified as second quality class. Wheat grown as the second and third crops after fallow was classified as third quality class due to lower gluten indicators.

Keywords: conservation farming, spring wheat, soil moisture, nitrate nitrogen, available phosphorus, yield, grain quality.

INTRODUCTION

Wheat, as a grain crop, plays a key role in the economy of many countries of the world. Kazakhstan occupies a significant place in the international wheat market as an exporter. This crop is the basis of the country's food security [1]. In the scientific community, there is a growing understanding that climate change has a significant impact on the yield and quality of agricultural products. Research on the consequences of climate change should pay special attention to studying the impact of extreme weather events on crop growth [2]. Only a detailed study of plant responses to cyclic climate fluctuations will make it possible to develop rational systems of envi-

ronmental management and increase the efficiency of crop production [3].

Modern farming practices demonstrate the possibility of increasing the productivity and quality of spring wheat even in difficult weather conditions [4]. The choice of predecessor plays an important role in increasing the yield of spring wheat and the overall productivity of crop rotation [5]. In modern conditions, when resources in the agricultural sector are limited, the use of ecological-biological methods becomes a key factor in maintaining soil fertility and ensuring stable high yields [6-10].

Weather conditions, especially during the growing season, have a significant

impact on crop productivity. Climate change is characterized by increased aridity (decrease in precipitation and increase in average daily temperature), while most precipitation falls in the cold period of the year [11, 12]. This requires the revision and development of new cultivation technologies for agricultural crops adapted to specific regional conditions [13-15].

Changes in temperature regime and precipitation lead to transformation of the structure of biogeocenoses and the appearance of pests, weeds, and diseases atypical for the given region [16]. To minimize the negative impact of climate change, it is necessary to use rational crop rotations, recommended agronomic technologies of crop cultivation and soil treatment. In addition, it is required to study the soil water and nutrient regimes depending on predecessors and their influence on the efficiency of spring wheat cultivation [17, 18].

The novelty lies in the fact that under the conditions of the Kostanay region, the soil water and nutrient regimes were studied in a grain-fallow crop rotation with spring wheat cultivated using conservation technology, and an analysis of their interrelation with yield and grain quality of spring wheat depending on its position in the crop rotation was made. The objective of the study: determination of the most effective variant of placement of spring wheat in a grain-fallow crop rotation cultivated using conservation technology under the conditions of the Kostanay region, taking into account the soil water and nutrient regime and crop productivity.

MATERIALS AND METHODS

The studies were conducted on the experimental plots of "AES "Zarechnoye" LLP, located near the village of Zarechnoye. These plots are characterized by a gently sloping plain representing the upper floodplain terrace of the right bank of the Tobol River. The soil cover was formed by Quaternary alluvial deposits, including sandy loams, sands, clayey sands, loams, and clays. The study area has a long history of

agricultural use, and since 2001 a conservation farming system based on No-till technology has been implemented here.

Sowing was carried out by specialized seeders with anchor-type openers and the FreeSelect precision metering system. Since 2023, within the framework of the research, a field experiment with a 4-field grain-fallow crop rotation has been established: herbicide fallow – wheat – wheat – wheat (GPS coordinates: 53.2177247, 63.7744477). No-till technology is applied. The crop used is spring wheat of the Omskaya 18 variety.

Agrometeorological data, including average daily air temperature, sum of effective temperatures, and precipitation during the growing season, were obtained from the Kostanay agrometeorological station (RSE "Kazhydromet").

Determination of productive moisture reserves in the one-meter soil layer was carried out layer by layer (every 10 cm) before sowing, according to the methodology described by Vorobyev S.A. et al. [19].

Analysis of nitrate nitrogen (N-NO₃) and available phosphorus (P₂O₅ according to Chirikov) was performed in soil layers of 0-20 and 20-40 cm before sowing, with georeferencing. To assess yield, productivity and structure of plant biomass, sheaf sampling was carried out in two replications. During yield accounting, grain samples were taken to analyze its moisture, contamination, 1000-seed weight, and nutritional value. Statistical data processing was carried out according to the methodology of B.A. Dospikhov with a significance level of 5% (LSD_{0.05}).

RESULTS AND DISCUSSION

The climate in the research region is characterized as sharply continental with pronounced temperature contrasts. Winters are cold and with little snow, and summers are hot and dry. A distinctive feature of the climate of this zone is the duration of spring frosts and the early onset of cold weather in autumn, which

distinguishes it from other arid territories such as the Volga region.

High solar radiation, significant daily temperature fluctuations, low air humidity, clear weather and frequent winds contribute to intensive evaporation of moisture, exceeding the amount of atmospheric precipitation by 2-5 times. Especially critical in terms of aridity is the period from the end of May to mid-June, when spring grain crops are in the tillering and stem elongation phases. During this period, plants are forced to use limited moisture reserves accumulated in the soil over the

winter. It should be noted that all climatic factors demonstrate significant interannual variability both in intensity and in timing of manifestation.

Long-term observations show the average annual precipitation in the area of the experiments to be 340 mm. At the same time, 71.2% of the total precipitation falls in the warm period (April-October), and most of it falls in the second half of summer. In 2024, the total precipitation for the period from October to September amounted to 478.2 mm, which exceeds the annual norm by 40% (table 1).

Table 1 – Distribution of precipitation by periods of the year in comparison with the long-term norm

Year	Total precipitation, mm			
	total for the year (October-September)	cold period (November-March)	warm period (April-October)	during vegetation (May-August)
Long-term norm	340.0	98.0	242.0	162.0
2024	478.2	163.4	260.1	209.3

Research of the water regime of sown areas during the 2024 growing season demonstrates the following trends. In May, a reduced amount of precipitation was observed (83.9% of the long-term norm), amounting to 30.2 mm. In combination with lower than usual air temperatures, this created favorable conditions for conducting the sowing campaign and formation of sufficient soil moisture reserves. In June, starting from the end of the first decade and continuing until the third decade, significant precipitation occurred, exceeding the long-term norm by 48%. This contributed to intensive growth of cultivated plants at the initial stage of development. However, warm weather conditions in June and night dew created a favorable environment for the development of certain diseases.

Analysis of the relationship between grain crop yield and the amount and distribution of precipitation showed that in the northern region of Kazakhstan, yield

level (among other factors) is determined by the amount of precipitation that fell in June-July. Grain quality, in turn, depends on the amount of precipitation and air temperature in August-September. Thus, sufficient precipitation in June-July contributes to increased grain yield, and a smaller amount of precipitation and higher temperature at the end of the ripening and harvesting period improve technological grain qualities (figure 1).

In the reporting period, the average daily air temperature demonstrated significant fluctuations. In April, an excess of the long-term average by 4.7°C was observed, and in June – by 2.1°C. In subsequent months, the temperature regime turned out to be somewhat lower than long-term values, which led to slowing of vegetation processes of agricultural crops (figure 2).

Monitoring of precipitation indicates favorable hydrological conditions during the period of yield formation and matura-

tion, since the amount of precipitation exceeded the long-term average norm by 29.2%. However, abundant precipitation in August negatively affected quality indicators of grain crops sown at early dates. Warm weather and increased humidity in the second half of summer contributed to widespread rust in the region. As a result of this epiphytotic outbreak, grain crops that did not undergo timely fungicide treatment demonstrated a significant decrease in quality indicators and yield.

In the arid steppe conditions of Northern Kazakhstan, a key factor of successful farming is sufficient soil moisture throughout the growing season. Annual precipitation is distributed unevenly: 82 mm in autumn, 46.0 mm in winter, and 70 mm in spring, which in total amounts to 62% of the total norm. Only 156 mm of precipitation falls during the period of active plant growth, while more than 300 mm is required for optimal development of spring wheat.

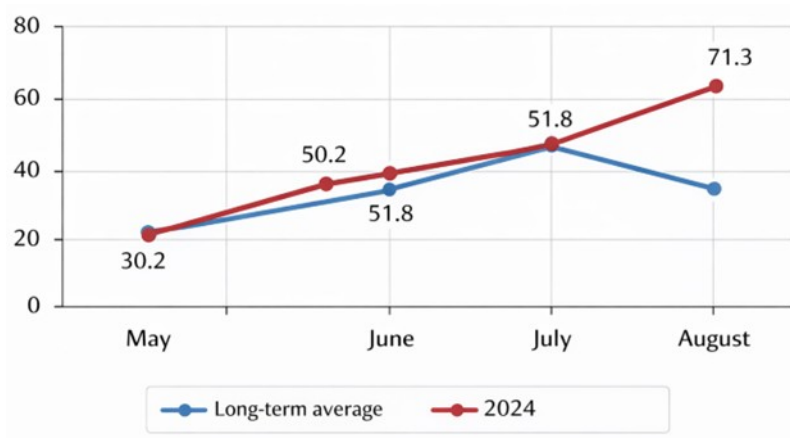


Figure 1 – Distribution of precipitation by months, 2024



Figure 2 – Distribution of temperature by months, 2024

Thus, atmospheric precipitation during the growing season provides only half of the necessary moisture for spring wheat.

This dictates the need for more effective accumulation of moisture in the soil in other seasons of the year and development

of methods for its preservation and rational use in all fields of the crop rotation. One of the ways to improve moisture supply of wheat is the choice of optimal predecessors. Numerous studies confirm that under moisture deficit conditions, the best predecessor for grain crops is fallow field. The significance of fallow field in combating drought and increasing yield is determined primarily by the creation of a favorable soil water regime for subsequent crops. This is confirmed by results of scientific studies conducted both in our country and in other republics of the former USSR.

Winter precipitation plays a special role in soil moisture accumulation. Studies conducted at the Kostanay Research Institute of Agriculture showed that during winter (1972-1981), on average 79.6 mm of precipitation falls, which constitutes more than a quarter of the annual norm. Taking into account spring precipitation, this amount reaches 103.4 mm (33.5% of the annual average). Preservation of such a volume of moisture could significantly improve moisture supply of field crops and increase their yield. Accumulation of autumn-winter precipitation in the soil depends on its initial moisture before winter, intensity of snowmelt, rate of meltwater infiltration and other factors. It is important to understand what part of

this precipitation is preserved by the time of sowing and whether the volume of soil moisture depends on the type of crop rotation and predecessors.

We observed the nature of moisture accumulation from winter-spring precipitation in all studied fields. Analysis of precipitation assimilation by seasons of the year showed that, despite certain features of this process in different crop rotation fields, precipitation is far from fully assimilated. As a rule, two-thirds of fallen precipitation are lost and do not contribute to production of plant products. Increasing the share of effectively used precipitation would allow significant increase in crop yield and fuller realization of the natural-climatic potential of the region. In this context, more complete use of plant residues after harvesting to form a mulching layer on the soil surface is of considerable interest. Numerous studies confirm that chopped straw positively affects the soil's ability to retain moisture and allow air passage. Data obtained by the Kostanay Research Institute of Agriculture during 2002-2011 also indicate the benefit of mulch from chopped straw for moisture accumulation in fallow when refusing traditional soil treatment.

Figure 3 presents the actual soil moisture reserves before sowing in various fields of the grain-fallow crop rotation.

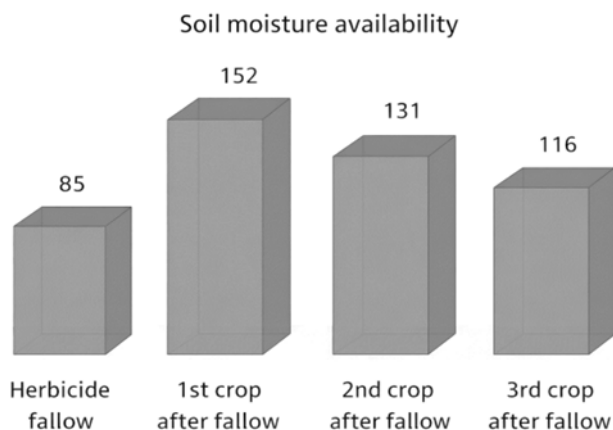


Figure 3 – Productive moisture reserves before sowing in the grain-fallow crop rotation, 2024

During the sowing campaign of 2024, the best moisture supply level in the grain-fallow crop rotation, which we used as the control variant, was observed in the first crop after fallow – 152 mm. At the same time, productive moisture reserves in herbicide fallow at the beginning of the fallow period amounted to 85 mm. Quite good moisture reserves before sowing were also observed in the second and third wheat after fallow – 131 mm and 116 mm, respectively. It should be noted that

favorable weather conditions of May and of 2024 as a whole contributed to good plant development. However, significant difficulties arose with effective plant protection from diseases and weed control. To assess the initial soil condition in terms of main mineral nutrients, in spring before sowing we analyzed the content of nitrate nitrogen (N-NO_3), available phosphorus (P_2O_5) and exchange potassium (K_2O) in the 0-40 cm layer. The results of analyses for 2024 are presented in table 2.

Table 2 – Content of main nutrients in the 0-40 cm soil layer before sowing by fields of the grain-fallow crop rotation, 2024

Crop rotation field	Soil layer, cm	Content, mg/kg of soil	
		N-NO_3	P_2O_5
Herbicide fallow	0-20	9.2	22
	20-40	9.7	20
	0-40	9.5	21
1st wheat after fallow	0-20	17.4	62
	20-40	17.8	40
	0-40	17.6	51
2nd wheat after fallow	0-20	10.5	37
	20-40	7.8	10
	0-40	14.4	23
3rd wheat after fallow	0-20	9.1	26
	20-40	4.9	13
	0-40	7.0	19

If we take into account that the optimal nitrate nitrogen content is at least 10-15 mg/kg, then according to 2024 data, the soil before sowing of the third crop of the grain-fallow crop rotation had low nitrate content – only 7.0 mg/kg (in the 0-40 cm layer). On the contrary, the nitrate nitrogen content in the first crop was high – 17.6 mg/kg (in the 0-40 cm layer). The lowest nitrate nitrogen content (9.5 mg/kg in the 0-40 cm layer) was recorded in herbicide fallow. This is explained by the fact that the third crop in 2023 actively consumed nitrate nitrogen.

The content of available phosphorus in these fields was at medium and elevated levels. The main objectives of our research consist in further reduction of non-recoverable energy costs, increase of yield,

more complete use of plant residues and, as a consequence, accumulation of organic matter in the upper soil layer. The result of work in this direction is the previously developed resource-saving technology based on No-till technology by “AES ‘Zarechnoye’” LLP. Currently, we are developing a complex of conservation farming practices, which includes, in addition to crop diversification, optimization of plant nutrition. This will allow increasing economic efficiency.

The three-year research period started in 2024 is conducted on the basis of a stationary experiment founded in 2001. This long-term experiment has significant scientific potential for evaluating the effectiveness of conservation farming technologies (table 3).

Table 3 – Yield of spring wheat in grain-fallow crop rotation, 2024

Crop rotation field	Wheat grain yield, c/ha			
	1	2	3	Average
1st wheat after fallow	26.97	26.55	28.89	27.47
2nd wheat after fallow	13.67	14.29	13.00	13.65
3rd wheat after fallow	13.24	12.00	14.53	13.23
LSD _{0.05} = 2.51				

Analysis of yield for 2024 revealed that the most productive were plots where the first crop was grown after fallow within the grain-fallow crop rotation, showing a yield of 27.47 c/ha. On the contrary, the second crop after fallow demonstrated a significant decrease in yield. This is due to more intensive soil drying and nutrient

consumption by the first crop, which is associated with its better development, including the root system. As a result, the water regime for the second crop in 2024 turned out to be less favorable. Naturally, these yield fluctuations affected the quality characteristics of the studied crops (table 4).

Table 4 – Indicators of wheat grain quality in grain-fallow crop rotation, 2024

Crop rotation field	Protein, %	Gluten, %	Test weight, g/L	Quality class
1st wheat after fallow	15.4	27.5	783	II
2nd wheat after fallow	14.8	26.3	771	III
3rd wheat after fallow	14.5	25.8	776	III

In the grain-fallow crop rotation, spring wheat grown as the first crop after fallow was classified as grain of second class. Wheat obtained as the second and third crops after fallow was classified as third class, with reduced gluten content indicators.

CONCLUSION

During the sowing campaign of 2024, the best moisture supply level in the grain-fallow crop rotation, which we used as the control variant, was observed in the first crop after fallow – 152 mm. At the same time, productive moisture reserves in herbicide fallow at the beginning of the fallow period amounted to 85 mm. Quite good moisture reserves before sowing were also observed in the second and third wheat after fallow – 131 mm and 116 mm, respectively.

If we take into account that the optimal nitrate nitrogen content is at least 10-15 mg/kg, then according to 2024 data, the soil before sowing of the third crop of

the grain-fallow crop rotation had low nitrate content – only 7.0 mg/kg (in the 0-40 cm layer). On the contrary, the nitrate nitrogen content in the first crop was high – 17.6 mg/kg (in the 0-40 cm layer). The lowest nitrate nitrogen content (9.5 mg/kg in the 0-40 cm layer) was recorded in herbicide fallow. This is explained by the fact that the third crop in 2023 actively consumed nitrate nitrogen.

In 2024, the highest yield of grain crops was recorded in plots used for sowing the first crop after herbicide fallow in the grain crop rotation – 27.47 c/ha. Analysis of the grain crop rotation showed that spring wheat grown as the first crop after fallow was classified as second quality class. Wheat grown as the second and third crops after fallow was classified as third quality class due to lower gluten indicators.

Thus, when cultivating exclusively cereal crops in a crop rotation (mono-culture), the fallow field remains a neces-

sary predecessor for the regions of risky farming in Northern Kazakhstan. It should be noted that in a cereal-fallow crop rotation with monoculture, there is an irrational use of reserves of productive soil moisture and nutrients, a decrease in yield, and a decline in its quality indicators.

According to the results of our research, for the successful cultivation of spring wheat under conservation agriculture, in the absence of the possibility of including leguminous and oilseed crops in the rotation, it is recommended to incorporate a herbicide fallow field. Under the conditions of Northern Kazakhstan, herbicide fallow serves as a stabilizing element of the crop rotation, providing the subsequent spring wheat field with readily available nutrients and moisture, which ensures high-quality yields in certain years

and has a positive impact on the economics of production.

The influence of predecessors and cultivation technology on yield and grain quality of spring wheat studied in the southern forest-steppe of the Omsk Region in a stationary experiment of the Resource-Saving Technology Laboratory of the Siberian Research Institute of Agriculture in meadow chernozem soils in the 2005-2016 timeframe. Repeated sowing of spring wheat to the third wheat after bare fallow and lower intensity of tillage from combined to minimum-zero, depending on the forecrop, leads to decreased in crop productivity by 33.4% and 5.3-19.2%, respectively. As the crop moves from the bare fallow, gluten content in the grain decreases by an average of 3.3% in repeated spring wheat sowings [20].

INFORMATION ON FUNDING

The article was prepared within the framework of program-targeted funding of the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan for 2024-2026 under the scientific and technical program "Develop and implement sustainable farming systems for profitable agricultural production under changing climate conditions for various soil and climatic zones of Kazakhstan" (BR22885719).

REFERENCES

1. Zakieva A.A., Tokenova A.M., Dosmaranbetova A.O., Nesipxan M.E. Sheteldik selekciyanyn bidaj sorttarynyn bejimdely kabiletin bagalau // *Mnogoprofilnyj nauchnyj zhurnal Kostanajskogo regionalnogo universiteta im. A. Bajtursynova «3i: intellect, idea, innovation – intellekt, ideya, innovaciya»*. – 2024. – № 4. – S. 95-100. – DOI: https://doi.org/10.52269/22266070_2024_4_95.
2. Ermakova O.V., Yashhenko S.N. Struktura urozhaya yarovoj myagkoj pshenicy v zavisimosti ot srokov poseva // *Strategicheskie resursy Tyumenskogo APK: lyudi, nauka, tekhnologii: sb. tr. LIX mezhdunar. nauch.-prakt. konf. studentov, aspirantov i molodykh uchenykh*. – Tyumen, 2024. – S. 5-11.
3. Vasilevskij V.D., Kuz'mina E.S. Zavisimost' sroka poseva myagkoj yarovoj pshenicy ot dinamiki solnechnoj aktivnosti v yuzhnoj lesostepi Zapadnoj Sibiri // *Agrarnaya nauka v realizacii doktriny prodovolstvennoj bezopasnosti Rossijskoj Federacii. Sbornik statej Vserossijskoj (nacionalnoj) nauchno-prakticheskoj konferencii, posvyashhyonnoj 100-letiyu osnovaniya otdela zemledeliya SibNIISX*. – Omsk, 2024. – S. 137-144.
4. Batudaev A.P., Cydypov B.S., Sobolev V.A. Nauchnye issledovaniya srokov poseva yarovoj pshenicy v usloviyax Zabajkalya // *Vestnik Buryatskoj gosudarstvennoj sel'skoxozyajstvennoj akademii im. V.R. Filippova*. – 2020. – №2 (59). – S. 160-168. – DOI: <https://doi.org/10.34655/bgsha.2020.59.2.022>.

5. Morozov V.I., Tojgildin A.L., Sharonova E.M. Urozhajnost yarovoj pshenicy i kachestva zerna pri biologizacii sevooborotov lesostepi Povolzhya // Vestnik Izhevskoj GSXA. – 2009. – № 1. – S. 45-48.
6. Lobkov V.T. Opyt Orlovskoj oblasti v razrabotke i prakticheskoj realizacii biologizirovannyx sistem zemledeliya // Zernobobovye i krupyanye kultury. – 2017. – №2 (22). – S. 55-59.
7. Loshakov V.G. Zeleny`e udobreniya v zemledelii Rossii (k 150-letiyu so dnya rozhdeniya D.N. Pryanishnikova). – M.: VNIIA, 2015. – 300 s.
8. Loshhinina A.E. Sravnitel'naya ocenka agrotexnologij raznoj intensivnosti i urozhajnost polevyx kultur v usloviyax Verxnevolzhya: dis. ... kand. s.-x. nauk: 06.01.01; [Mesto zashhity: Ros. gos. agrar. un-t]. – Moskva, 2017. – 140 s.
9. Seminchenko E.V. Balans gumusa, elementov pitaniya i produktivnost biologizirovannyx sevooborotov // Permskij agrarnyj vestnik. – 2018. – № 2 (22). – S. 89-94.
10. Kozlova L.M., Popov F.A., Noskova E.N. Sevooborot kak glavnyj faktor adaptivno-landshaftnogo ispolzovaniya zemel // Vestnik Marijskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Selskoxozyajstvennye nauki. Ekonomicheskie nauki». – 2020. – № 6. – S. 295-304. – DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2020-6-3-295-303>.
11. Nemcev S.N., Sharipova R.B. Ocenka agrometeorologicheskix pokazatelej atmosferynx zasux i urozhajnosti zernovyx kultur v izmenyayushhix usloviyax regionalnogo klimata // Izvestiya Samarskoj gosudarstvennoj selskoxozyajstvennoj akademii. – 2020. – № 1. – S. 10-17.
12. Suxoveeva O.E`. Izmeneniya klimaticheskix uslovij i agroklimaticheskix resursov v Centralnom rajone Nechernozemnoj zony // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Geografiya. Geoekologiya». – 2016. – № 4. – S. 41-49.
13. Sharipova R.B. Tendencii izmeneniya klimata i agroklimaticheskix resursov Ulyanovskoj oblasti i ix vliyanie na urozhajnost zernovyx kultur; Samarskij federalnyj issledovatel'skij centr RAN, Ulyanovskij nauchno-issledovatel'skij institut selskogo xoz'yaistva. – Ulyanovsk: Ul'yanovskij gosudarstvennyj texniceskij universitet, 2020. – 137 s.
14. Roychowdhury Rajib, Choudhury Shuvasish, Hasanuzzaman Mirza, Srivastava Sangeeta // Sustainable Agriculture in the Era of Climate Change. – 2020. – 690 p. – DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-45669-6>.
15. Uprety D., Reddy V.R., Mura J.D. Climate Change and Agriculture: A Historical Analysis. – 2019. – 88 p. – DOI: <https://doi.org/10.1007/978-981-13-2014-9>.
16. Popova E.N., Popov I.O. Klimaticheskie faktory, opredelyayushchie granicy arealov vreditelej i vzbuditelej boleznj selskokhozyajstvennykh rastenij, i raschetnye metody ocenki izmeneniya arealov pri izmenenii klimata // Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem. – 2013. – T. 25. – S. 175-204.
17. Tojgildin A.L., Podsevalov M.I., Tojgildina I.A., Ayupov D.E., Mustafina R.A. Bobovye predshestvenniki, obrabotka pochvy i zashhita rastenij v agrotexnologiyax yarovoj pshenicy Srednego Povolzh`ya // Izvestiya Timiryazevskoj selskoxozyajstvennoj akademii. – 2021. – № 5. – S. 77-88. – DOI: <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2021-5-77-88>.
18. Mamykin E.V., Filonov V.M., Nazdrachev Ya.P., Nazarova P.E. Effektivnost primeneniya mineralnykh udobrenij pod yarovuyu myagkuyu pshenicu pri tradicionnom zemledelii // Pochvovedenie i agrokhimiya. – 2021. – № 3. – S. 55-64. – DOI: https://doi.org/10.51886/1999-740X_2021_3_55.
19. Praktikum po zemledeliju: ucheb. posobie / pod red. S.A. Vorobeva. – 4-e izd., dop. i pererab. – M., 1971. – 311 s.

20. Yushkevich L.V., Shchitov A.G., Pakhotina I.V. Urozhajnost i kachestvo zerna yarovoj pshenicy v zavisimosti ot tekhnologii vozdeystviya v lesostepi Zapadnoj Sibiri // Zemledelie. – 2019. – № 1. – S. 32-34. – DOI: <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10109>.

ТҮЙІН

Ю.В. Тулаев¹, С.В. Сомова², С.А. Тулкубаева^{2*}, А.Б. Абуова³, Ж.О. Ошакбаева⁴,
Elmira Saljnikov⁵

ҚОСТАНАЙ ОБЛЫСЫНЫҢ ОҢТҮСТІК ҚАРА ТОПЫРАҚТАРЫНДА ДӘНДІ
ДАҚЫЛДАРДЫҢ АУЫСПАЛЫ ЕГІСТЕ САҚТАУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ БОЙЫНША ЖАЗДЫҚ
БИДАЙДЫ ӨНДЕУ КЕЗІНДЕ ТОПЫРАҚТЫҢ СУ ЖӘНЕ ТАҒАМДЫҚ РЕЖИМІН
ЗЕРТТЕУ

¹«А.И. Бараев атындағы Астық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығы»
ЖШС, 021600, Ақмола облысы, Научный кенті, А. Бараев көшесі, 15, Қазақстан

²«Заречное» ауылшаруашылығы тәжірибе станциясы» ЖШС,
111108, Қостанай облысы, Заречное а., Юбилейная көшесі, 12, Қазақстан,

*e-mail: tulkubaeva@mail.ru

³«Халықаралық инженерлік-технологиялық университеті» ЖШС,
050060, Алматы, Әл-Фараби даңғылы, 89/21, Қазақстан

⁴«М. Дулатов атындағы Қостанай инженерлік-экономикалық университеті»
ЖМ, 110007, Қостанай, Чернышевский көшесі, 59, Қазақстан

⁵«Белград университетінің көпсалалы зерттеулер институты»,
11000, Белград, Кнеза Вишеслав көшесі, 1, Сербия

Зерттеулер Заречное ауылының маңында орналасқан «Заречное» АШТС» ЖШС тәжірибелік учаскелерінде жүргізілді. Зерттелетін аумақтың ауыл шаруашылығын пайдаланудың ұзақ тарихы бар және 2001 ж. бастап нөлдік өңдеуге негізделген үнемдеу егіншілік жүйесі енгізілді. 2023 ж. бастап зерттеу 4 танапты дәнді дақылдардың ауыспалы егісімен далалық тәжірибе жүргізілді: гербицидтік сүрі жер – бидай – бидай – бидай. Нөлдік өңдеу технологиясы қолданылады. Дақыл ретінде Омская 18 сортының жаздық бидайы қолданылады. 2024 ж. дәнді дақылдардың ең жоғары өнімділігі дәнді дақылдардың ауыспалы егісіндегі гербицидтік сүрі жерден кейін бірінші дақыл егу үшін пайдаланылатын учаскелерде тіркелді – 27,47 ц/га. Дәнді дақылдардың ауыспалы егісін талдау сүрі жерден кейінгі бірінші дақыл ретінде өсірілген жаздық бидайдың сапаның екінші класына жатқызылғанын көрсетті. Сүрі жерден кейін екінші және үшінші дақыл ретінде өсірілген бидай ақ уыздың төмен деңгейіне байланысты үшінші сапа класына тиесілі.

Түйінді сөздер: сақтау егіншілігі, жаздық бидай, топырақ ылғалдылығы, нитратты азоты, жылжымалы фосфор, өнімділік, астық сапасы.

РЕЗЮМЕ

Ю.В. Тулаев¹, С.В. Сомова², С.А. Тулкубаева^{2*}, А.Б. Абуова³, Ж.О. Ошакбаева⁴,
Elmira Saljnikov⁵

ИЗУЧЕНИЕ ВОДНОГО И ПИЩЕВОГО РЕЖИМА ПОЧВЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ
ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПО СБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ В ЗЕРНОПАРОВОМ
СЕВООБОРОТЕ НА ЮЖНЫХ ЧЕРНОЗЁМАХ КОСТАНАЙСКОЙ ОБЛАСТИ

¹ТОО «Научно-производственный центр зернового хозяйства имени
А.И. Бараева», 021600, Акмолинская область, п. Научный, ул. А. Бараева, 15,
Казахстан,

²ТОО «Сельскохозяйственная опытная станция «Заречное»,
111108, Костанайская область, с. Заречное, ул. Юбилейная, 12, Казахстан,
*e-mail: tulkubaeva@mail.ru

³ТОО «Международный инженерно-технологический университет»,
050060, Алматы, пр. аль-Фараби, 89/21, Казахстан

⁴ЧУ «Костанайский инженерно-экономический университет им. М. Дулатова»,
110007, Костанай, ул. Чернышевского, 59, Казахстан

⁵«Институт многопрофильных исследований Белградского университета»,
11000, Белград, ул. Кнеза Вишеслав, 1, Сербия

Исследования проводились на опытных участках ТОО «СХОС «Заречное», расположенных вблизи с. Заречное. Исследуемая территория имеет длительную историю сельскохозяйственного использования, а с 2001 г. здесь внедрена система ресурсосберегающего земледелия, основанная на нулевой обработке почвы. С 2023 г. в рамках исследования заложен полевой опыт с 4-польным зернопаровым севооборотом: гербицидный пар – пшеница – пшеница – пшеница. Применяется нулевая технология возделывания. В качестве культуры используется яровая пшеница сорта Омская 18. В 2024 г. наибольшая урожайность зерновых культур была зафиксирована на участках, используемых для посева первой культуры после гербицидного пара в зерновом севообороте – 27,47 ц/га. Анализ зернового севооборота показал, что яровая пшеница, выращиваемая в качестве первой культуры после пара, была отнесена ко второму классу качества. Пшеница, выращиваемая в качестве второй и третьей культуры после пара, была отнесена к третьему классу качества из-за более низких показателей клейковины.

Ключевые слова: сберегающее земледелие, яровая пшеница, влажность почвы, нитратный азот, подвижный фосфор, урожайность, качество зерна.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

1. Tulayev Yuriy Valeryevich – Candidate of Agricultural Sciences, Head of the scientific project, <https://orcid.org/0000-0003-1065-8968>, e-mail: yurii27@yandex.kz

2. Somova Svetlana Vladimirovna – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher of the Laboratory of Precision and Organic Farming, <https://orcid.org/0000-0003-1823-2240>, e-mail: somik11-84@mail.ru

3. Tulkubayeva Saniya Abiltayevna – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor (Docent), Scientific Secretary, <https://orcid.org/0000-0003-1548-6982>, e-mail: tulkubaeva@mail.ru

4. Abuova Altynay Burkhatovna – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department “Equipment and Technologies of Food Production”, <https://orcid.org/0000-0002-1987-8417>, e-mail: a_burkhatovna@mail.ru

5. Oshakbayeva Zhuldyz Oryntaikyzy – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor (Docent), Vice-Rector for Academic Development, <https://orcid.org/0000-0002-4409-7444>, e-mail: zh.oryntaevna@gmail.com

6. Saljnikov Elmira – Doctor of Biotechnical Sciences, Full Research Professor, <https://orcid.org/0000-0002-6497-2066>, e-mail: esaljnikov@imsi.bg.ac.rs

ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ

FTAMP: 87.21.37

DOI: 10.51886/1999-740X_2026_2_83

А. Ысқақ¹, К.А. Казбекова^{1*}, Г.Н. Дәулеткелді¹, С.А. Дарибаева¹
ҚАЗАҚСТАННЫҢ ТОПЫРАҚ РЕСУРСТАРЫН ҚОРҒАУДЫ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТЕТІН
ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ТАЛАПТАР

*¹«Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ,
110000, Қостанай, Абай даңғылы, 28/1, Қазақстан,*

**e-mail: karina09081999@gmail.com*

Аннотация. Антропогендік жүктеменің артуы мен климаттың өзгеруі жағдайында топырақ ресурстарын ұтымды басқару Қазақстан Республикасының ауыл шаруашылығының тұрақты дамуын қамтамасыз етудегі негізгі факторға айналуға бастады. Бұл зерттеудің мақсаты – жер қорының құрамы мен пайдаланылуын, ауыл шаруашылығы жерлерінің жай-күйін, сондай-ақ топырақтың химиялық ластануын экологиялық реттеу жүйесін талдау. Зерттеу міндеттеріне жерді пайдаланудың өңірлік ерекшеліктерін анықтау, қолданыстағы нормативтік құжаттарды зерделеу, топырақтағы химиялық заттардың шекті рұқсат етілген концентрацияларын (ШРК) талдау, сондай-ақ отандық нормативтік базаны халықаралық стандарттармен салыстыру кірді. Зерттеудің әдіснамалық негізі – салыстырмалы-құқықтық талдау және ресми мемлекеттік дереккөздер материалдарын жалпылау. Жұмыс нәтижесі бойынша елдің ауыл шаруашылығы жерлерінің негізгі бөлігі (70%-дан астамы) жайылымдарды құрайтыны, ал жоғары өнімді егістік алқаптары негізінен солтүстік өңірлерде шоғырланған. Жер ресурстарының мұндай бөлінісі оларды ұтымды пайдалану мен экологиялық қауіпсіздікке ерекше назар аударуды талап етеді. Қазақстанның нормативтік базасы небәрі 7 химиялық элементті ғана қамтиды, ал бұл ЭЫДҰ мен ТМД елдерінің көрсеткіштерімен салыстырғанда едәуір төмен. Жұмыстың ғылыми-қолданбалы маңызы өңірлердің биогеохимиялық және аграрлық ерекшеліктерін ескере отырып, нормаланатын ластаушы заттар тізімін кеңейту қажеттігінің негізделуінде болып табылады. Алынған нәтижелерді тұрақты жер пайдалану стратегияларын әзірлеуде, экологиялық саясатты жетілдіруде және топырақ мониторингі тәжірибесінде пайдалануға болады. Зерттеу Қазақстандағы агроэкологиялық қауіпсіздікті дамытуға және топырақты қорғаудың заманауи жүйесін қалыптастыруға өз үлесін қосады.

Түйінді сөздер: ауыл шаруашылығы жерлері, топырақ ресурстары, шекті рұқсат етілген концентрация, агроэкология, жер пайдалану, топырақтың ластануы, нормативтік база.

КІРІСПЕ

Қазақстан Республикасы негізінен аграрлы ел болып табылады, мұнда ауыл шаруашылығы азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз етуде, өңірлердің тұрақты дамуын қолдауда және экспорттық әлеуетті қалыптастыруда негізгі рөл атқарады. Ауыл шаруашылығы министрлігінің Жер ресурстарын басқару комитетінің мәліметіне сәйкес, ел аумағының 40%-дан астамы, яғни 100 миллион гектардан астам жер ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлерге тиесілі. Бұл жағдай жер ресурстарын ұтымды пайдалану мен қорғаудың стратегиялық маңыздылығын көрсетеді.

Климаттың өзгеруі, егіншіліктің қарқын алуы және антропогендік әсердің артуы жағдайында жердің жай-күйіне жүйелі мониторинг жүргізу қажеттілігі артып келеді. Топырақ сапасын, деградация процестерін, ластануды және басқа да экологиялық өзгерістерді тиімді бағалау тәуекелдерді уақтылы анықтауға және табиғат пайдалануды тұрақты басқаруға негізделген шешімдер қабылдауға мүмкіндік береді.

Топырақ құнарлылығын сақтау және топырақ ресурстарын орнықты пайдалану мәселелері қазақстандық зерттеушілердің еңбектерінде кеңінен қарастырылған. Сапаров А.С. ауыл

шаруашылығы мақсатындағы жерлерді қарқынды пайдалану, әсіресе солтүстік тың жерлерде, қарашірік мөлшерінің, ферментативтік белсенділіктің және топырақ микрофлорасы санының азаюына алып келетінін көрсетті, сондай-ақ органикалық тыңайтқыштардың, ауыспалы егістердің және ресурсты үнемдейтін технологиялардың тиімділігін негіздеді [1]. Джаланкузов пен Әбдіхалықова топырақтың химиялық ластану аймақтарын анықтап, санитарлық бақылау қажеттілігін көрсетті [2]. Амергужин Х.А. Қостанай облысы топырақтарының агроэкологиялық жағдайындағы өңірлік айырмашылықтарды атап өтіп, мелиорация және мониторинг шараларын ұсынды [3]. Кененбаев және т.б. құнарлылықты қалпына келтірудегі заманауи агротехнологиялардың маңыздылығын атап көрсетті [4]. Сапаров А.С., Елешев Р.Е. және т.б. қоректік элементтер мен ластаушы заттарға тұрақты мониторинг жүргізудің маңыздылығын дәлелдеді [5]. Гребенева және т.б. қатты өнеркәсіптік қалдықтардың әсерін қарастырып, рекультивация шараларын ұсынды [6]. Кобегенова мен Шакенова эрозия, сортаңдану және топырақтың жұтаңдану үдерістерін талдады [7]. Кан, Аханов және Сапаров топырақ құнарлылығын сақтау мен қалпына келтіруге кешенді тәсілдің қажеттілігін негіздеді [8].

Осылайша, отандық ғалымдардың зерттеулері Қазақстанның топырақ ресурстарын орнықты басқару топырақ деградациясының алдын алуға, ластануды азайтуға және топырақ құнарлылығын сақтауға бағытталған жүйелі пәнаралық тәсілді қажет ететінін растайды.

Зерттеудің мақсаты – орнықты жер пайдаланудың бағыттарын негіздеу үшін халықаралық стандарттар мен өңірлік ерекшеліктерді ескере отырып, қазіргі экологиялық нормалау жағдайында Қазақстан Республикасының

жер және топырақ ресурстарының жай-күйін кешенді бағалау.

Зерттеудің міндеттері: Қазақстанның жер қорының құрылымын және ауыл шаруашылығы алқаптарының орналасу ерекшеліктерін талдау; топырақтардың сапалық жай-күйін және олардың деградациясының негізгі үдерістерін бағалау; топырақтың ластануы бойынша ұлттық нормативтерді зерделеу және оларды халықаралық стандарттармен салыстыру; жер пайдалануды экологиялық нормалау жүйесіндегі олқылықтарды анықтау; ауыл шаруашылығы дақылдарында ауыр металдар мен уытты заттардың жинақталу қаупін айқындау.

Осы зерттеу шеңберінде ашық дереккөздерден алынған ақпарат: Қазақстан Республикасының нормативтік құжаттары (экологиялық кодекс, бұйрықтар), бейінді министрліктердің есептері қаралып, талданды. Алынған мәліметтер жақын және алыс шетелдердің нормативтерімен салыстырылды.

НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ

Қазақстан Республикасының жалпы аумағы 2023 жылғы 1 қарашадағы Жер балансының деректері бойынша 272,5 млн гектарды құрайды. Оның ішінде 9 561,1 мың гектар жерді Ресей Федерациясы Байқоңыр ғарыш айлағы мен әскери полигондар үшін пайдаланады. Өз кезегінде, Қазақстан Республикасы Өзбекстан Республикасының аумағында орналасқан «Чимған» шипажайын пайдалану үшін 0,9 мың гектар жерді қолданады. Нәтижесінде, Қазақстан Республикасы пайдаланатын жер қоры 262 930,8 мың гектарды құрайды. Есептік жылы басқа мемлекеттердің жер пайдаланушылары қолданатын жер көлемі 12,4 мың гектарға қысқарды, бұл Ресей Федерациясының Қызылорда облысындағы жалға алынған жерлердің бір бөлігін қайтаруына байланысты. Шекарадан тыс пайдала-

нылатын жерлердің көлемі өзгеріссіз қалды. Қазақстан Республикасының жер қоры нысаналы мақсатына сәйкес 7 санатқа бөлінеді: ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлер, босалқы жерлер, елді мекендердің (қалалардың, кенттердің және ауылдық елді мекендердің) жерлері, су қоры жерлері, орман қоры жерлері, өнеркәсіп, көлік, байланыс, ғарыш қызметінің, қорғаныстың, ұлттық қауіпсіздіктің мұқтаждары және ауыл шаруашылығына арналмаған өзге де жерлер, ерекше қорғалатын табиғи аумақтардың жерлері, сауықтыру, рекреациялық және тарихи-мәдени мақсаттағы жерлер.

Қазақстандағы топырақ жамылғысының алуан түрлілігі климаттық

және геологиялық жағдайлардың әртүрлілігімен анықталып, ауыл шаруашылығы өндірісінің кең ауқымды бағыттарының дамуына алғышарт жасады. Ауыл шаруашылығында топырақ ресурстарын тиімді пайдалану үшін елдегі топырақ жамылғысының генезисі мен географиясын зерттеуге негізделген топырақтың табиғаты мен топырақ түзілу үдерісі туралы терең іргелі білім қажет [9]. Облыстар бөлінісіндегі ауыл шаруашылығы алқаптарының құрылымы 1-кестеде келтірілген, бұл егістік, жайылым және басқа да алқап түрлерінің таралуындағы өңірлік айырмашылықтарды айқындауға мүмкіндік береді.

Кесте 1 - 2023 жылғы 1 қарашадағы жағдай бойынша облыстар бөлінісінде ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлердің жер түрлері бойынша құрамы [9]

Облыстардың атауы	Жалпы ауданы	Барлық ауыл шаруашығы алқаптары	Егістік	Көпжылдық екпелер	Тыңайған жер	Шабындық	Жайылым
Абай	9232,1	9093,5	812,9	0,3	91,5	242,9	7945,9
Ақмола	10751,9	10725,7	6121,2	1,4	211,7	156,4	4235,0
Ақтөбе	13129,6	12970,3	712,2	-	239,0	128,5	11890,6
Алматы	4526,7	4471,3	469,2	19,0	48,2	62,5	3872,4
Атырау	3209,0	3088,1	7,7	0,2	6,6	47,8	3025,8
Шығыс Қазақстан	3473,5	3353,6	667,2	0,5	17,3	270,7	2397,9
Жамбыл	4661,6	4 528,1	781,5	3,8	0,0	129,2	3613,6
Жетісу	4529,6	4 460,9	532,2	3,3	45,0	126,2	3754,2
Батыс Қазақстан	7907,7	7851,0	614,6	1,9	549,2	497,8	6187,5
Қарағанды	11834,6	11467,1	1347,2	0,3	158,7	182,4	9778,5
Қостанай	11072,6	10922,5	6345,7	1,0	53,9	146,1	4375,8
Қызылорда	2906,1	2366,6	176,1	0,6	51,6	35,5	2102,8
Маңғыстау	2922,3	2571,4	0,6	-	0,1	-	2570,7
Павлодар	7625,4	7532,2	2034,1	0,9	195,5	193,4	5108,3
Солтүстік Қазақстан	7232,5	7000,7	4987,5	0,8	40,8	17,6	1954,0
Түркістан	4469,5	4352,6	868,4	27,6	99,1	66,4	3291,1
Ұлытау	6962,3	6872,6	47,6	-	56,8	60,1	6708,1
Астана	0,8	0,8	0,2	0,2	-	-	0,4
Барлығы	116447,8	113629,0	26526	61,8	1865,0	2363,5	82812,6

2023 жылғы 1 қарашадағы жағдай бойынша Қазақстанның ауыл шаруашылығы алқаптарының ауданы 113,6 млн га құрады, оның 72,9%-ын жайылымдар, ал 23,4%-ын егістік жерлер алып жатыр. Егістік жерлер негізі-

нен солтүстіктегі астық өндіретін өңірлерде шоғырланған, ал оңтүстік және батыс облыстарда жайылымдар басым. Мұндай құрылым егістік жерлерді орнықты басқаруды және деградацияға ұшыраған жайылымдарды қорғауды талап етеді.

Көптеген аудандарда топырақ сапасы оның құнарлылығын төмендететін факторлардың әсерімен күрделенеді, осыған байланысты ауыл шаруашылығы алқаптары теріс белгілердің дәрежесі мен сипатына қарай мелиорациялық топтарға бөлінеді. Бұл белгілерге сортаңдану, эрозия, дефляция, артық ылғалдану және батпақтану жатады.

Құнарлылықтың төмендеуінің негізгі факторларының бірі - антропогендік ластану. Ластануды бағалаудың негізгі нормативі - ШРК, яғни адам денсаулығы мен қоршаған орта үшін қауіпсіз шекті рұқсат етілген концентрациялар. ШРК ауа, су, топырақ, азық-түлік өнімдері мен мал азығы үшін жеке-жеке белгіленеді. Қазақстанда ШРК нормативтері Қазақстан Республикасы Денсаулық сақтау министрінің 2021 жылғы 21 сәуірдегі бұйрығымен бекітілген [10].

Топырақ мониторингінде ластағыштардың адамға, қоршаған ортаға және агробиоценоздарға қауіптілік дәрежесі бойынша ерекшеленетін қозғалмалы және суда еритін түрлері ескеріледі. Өсімдіктерде жиналып, трофикалық тізбектер арқылы берілетін транслокациялық ластағыштардың маңызы ерекше. Ауыр металдар, күкірт қосылыстары, органикалық уытты заттар мен тыңайтқыштар үшін ШРК-ның болуы топырақ ластануының көпфакторлы сипатын және жергілікті фонды ескере отырып, тұрақты экологиялық мониторинг жүргізу қажеттігін растайды.

Қазақстанда топырақта небәрі 7 химиялық элемент бойынша ғана норматив белгіленген: кобальт, фтор, хром, мышьяк, сынап, қорғасын және күкірт (кесте 2). Сонымен қатар, экологиялық қауіп төндіретін кадмий, мыс, никель және мырыш бұл тізімге енгізілмеген, алайда олар ауыл шаруашылығы өнімдерінде жинақталып, адам денсаулығы мен экожүйелерге қауіп төндіруі мүмкін. Бұл қолданыстағы нормативтер жүйесін кеңейту қажеттігін көрсетеді.

Кесте 2 - Топырақтағы химиялық заттардың шекті рұқсат етілген концентрациясы [10]

р/с	Заттың атауы	Топырақтағы ШРК шамасы, фонды (Кларк бойынша) ескере отырып, мк/кг	Шектеуші көрсеткіш
1		2	3
Қозғалмалы форма			
1	кобальт	5,0	жалпы санитарлық
2	фтор	2,8	транслокациялық
3	хром	6,0	жалпы санитарлық
суда еритін форма			
4	фтор	10,0	транслокациялық
5	бенз(а)пирен	0,02	жалпы санитарлық
6	ксиллолдар (орто-, мета-, пара)	0,3	транслокациялық
7	пүшән	2,0	транслокациялық
8	ОФҚ (Органикалық фторлы қосылыстар)	3000,0	сулы және жалпы санитарлық
9	сынап	2,1	транслокациялық
10	қорғасын	32,0	жалпы санитарлық
11	қорғасын + сынап	20,0 + 1,0	транслокациялық

2-кестенің жалғасы

	1	2	3
12	элементар күкірт	160,0	жалпы санитарлық
	күкіртсутек	0,4	әуе (воздушный)
	күкірт қышқылы	160,0	жалпы санитарлық
13	стирол	0,1	әуе (воздушный)
14	формальдегид	7,0	
15	калий хлориді	560,0	сулы

Топырақ үшін ШРК белгілеу күрделі міндет болып табылады, өйткені топырақ бір мезгілде ластаушы заттардың аккумуляторы әрі олардың физика-химиялық және микробиологиялық өзгерістері жүретін орта болып саналады. Ауа мен судан айырмашылығы, топырақ үшін толықтай біріздендірілген нормативтерді белгілеу мүмкін емес, себебі олар табиғи-климаттық жағдайларға, топырақ қасиеттеріне, өсірілетін дақылдарға және агротехника ерекшеліктеріне тәуелді. Сондықтан нормалау кезінде заттардың суға, ауаға және өсімдіктерге көшу қабілетіне ерекше назар аударылады. Топыраққа

арналған ШРК зиянды әсердің гигиеналық және экологиялық көрсеткіштерінің жиынтығын ескере отырып анықталады.

Қазақстан Республикасының нормативтік құжаттары едәуір дәрежеде халықаралық тәсілдерге, соның ішінде адам денсаулығы мен қоршаған ортаны қорғауға бағытталған ЭЫДҰ ұсынымдарына негізделеді. Осыған байланысты Қазақстан мен ЭЫДҰ елдеріндегі нормаланатын химиялық элементтер тізімін салыстыру қызығушылық тудырады. Қазақстан мен ЭЫДҰ елдеріндегі нормаланатын химиялық элементтерді салыстырайық (кесте 3).

Кесте 3 - Топырақтағы нормаланатын химиялық элементтер

Ел	Нормаланатын химиялық элементтер мен қосылыстар
Қазақстан	Co, F, Cr, As, Hg, Pb, S
Аустралия	Ba, Be, Cd, Co, Cr ³⁺ , Cr ⁶⁺ , Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sn, V, Zn, As, Sb
Канада	Ag, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cr ⁶⁺ , Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sn, Tl, U, V, Zn, As, B, Sb, Se
Чехия	Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, V, Zn, Tl, As
Финляндия	Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, V, Zn, As, Sb
Германия	Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Tl, Zn, As
Нидерланд	Ag, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cr ³⁺ , Cr ⁶⁺ , Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sn, Te, Tl, V, Zn, As, Sb, Se
Жаңа Зеландия	Cd, Cr ³⁺ , Cr ⁶⁺ , Cu, Pb, As, B
АҚШ	Ag, Al, Ba, Cd, Co, Cr ³⁺ , Cr ⁶⁺ , Cu, Fe, Hg, Li, Mn, Mo, Sn, Zr, As, Cl, F, I, Sb, Se
Ресей Федерациясы*	As, Cd, Cr ⁶⁺ , Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, S, Sb, V, Zn, Co ^{2,3} , F ^{1,4}

*ЭЫДҰ құрамына кірмейді

Салыстырмалы талдау көрсеткендей, Қазақстан бірқатар дамыған елдермен салыстырғанда топырақтағы химиялық элементтердің едәуір аз мөлшерін нормалайды. Қазақстан Республикасының тізімінде тек 7 зат бар: Co, F, Cr, As, Hg, Pb, S. Алайда онда Cd (кадмий), Cu (мыс), Ni (никель), Zn (мырыш) және

денсаулық пен қоршаған орта үшін әлеуетті қауіпті басқа да маңызды ластағыштар қамтылмаған.

Салыстыру үшін: Канада мен Нидерланд 20-дан астам элементті нормалайды, олардың қатарына ауыр металдар, сирек жер элементтері және жартылай металдар кіреді; АҚШ,

Аустралия және Германияда негізгі уытты заттармен қатар жанама әсері бар элементтерді (мысалы, Ba, Be, Tl, Sb, Se) қамтитын кешенді стандарттар қолданылады; Ресей Федерациясы топырақ-климаттық жағдайлардың ұқсастығын ескере отырып, шамамен 15 элементті - фтор, күкірт, кобальтты әртүрлі валенттік түрде қоса алғанда - қамтитын кеңейтілген нормативтік базаға ие.

Бұл халықаралық стандарттарды, ластанудың қазіргі заманғы көздерін және биоаккумуляция қаупін ескере отырып, әсіресе индустрияландыру, ауыл шаруашылығын кеңейту және климаттық өзгерістер жағдайында Қазақстанда нормаланатын заттар тізбесін кеңейту қажеттігін көрсетеді. Адам мен табиғаттың өзара әрекеттестігі саласындағы (экологиялық қатынастар) қоғамдық қатынастарды, сондай-ақ жеке және заңды тұлғалардың қоршаған ортаға әсер ететін немесе әсер етуі мүмкін қызметті жүзеге

асыруына байланысты туындайтын қатынастарды реттейтін маңызды нормативтік құжаттардың бірі - Қазақстан Республикасының Экологиялық кодексі болып табылады.

Кодекстің алғашқы нұсқасы 2007 жылғы 9 қаңтарда қабылданды. 2021 жылғы 2 қаңтарда ЭЫДҰ елдерінің озық халықаралық тәжірибесі негізінде әзірленген Қазақстан Республикасының жаңа Экологиялық кодексі қабылданды. Соңғы жаңалықтарды, атап айтқанда, топырақты пайдалану кезіндегі экологиялық талаптарды талдайық (кесте 4) [11, 12].

Өзгерістерді талдай келе: 2007 жылдан 2021 жылға дейін жер заңнамасында халықаралық талаптарға сәйкес елеулі өзгерістер орын алды. Жер пайдалану талаптары біріздендіріліп, ШРК мәндері енгізілді және оңтайлы жер пайдалану бойынша талаптар әзірленді.

Кесте 4 - 2007 жылдан 2021 жылға дейінгі ҚР Экологиялық кодексіндегі өзгерістер

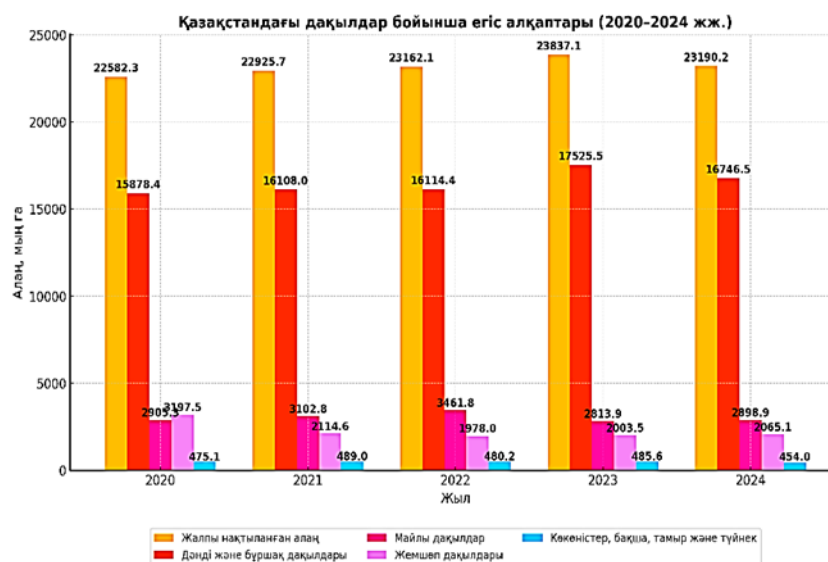
Тақырыптық блок	2007 жылғы Экологиялық кодекс	2021 жылғы Экологиялық кодекс	Қорытынды
Құрылымы	8 бөлім. Шаруашылық және өзге де қызметті жүзеге асыру кезіндегі экологиялық талаптар. 31-тарау. Жерді пайдалану	16 бөлім. Жерді қорғау	Жаңа кодексте әрбір қорғау нысанына жеке бөлім арналған.
Жерді қорғау туралы жалпы ережелер	Жоқ	"Жер", "топырақ", "деградация", "ластану" ұғымдарының анықтамалары және теріс әсер ету нысанда-рының тізімі енгізілді	Жерді қорғау туралы жалпы ережелер енгізілді
Топырақ сапасының экологиялық нормативтері	Жекелеген түрде ғана аталады	Нақты ұғымдар енгізілді: ШРК, фон, индикаторлар, аймақтық нормативтерді белгілеу механизмі	Еліміздің барлық өңірлері үшін әмбебап көрсеткіштер енгізілді
Жерді пайдалану кезіндегі экологиялық талаптар	Бар, бірақ нақтылай көрсетілмеген	Жер пайдалану түрлері бойынша талаптар егжей-тегжейлі сипатталған: ауыл шаруашылығы, өнеркәсіп-тік, елді мекендер, ЕҚТА, орман және су қоры, босалқы жерлер және т. б.	Жерді оңтайлы пайдалану бойынша экологиялық талаптар қосылды

Агроэкожүйелердегі ауыр металдардың көші-қоны топырақ арқылы өсімдіктерге өтеді, бұл экологиялық және агрономиялық тұрғыдан маңызды процесс. Қорғасын, кадмий, мышьяк, мырыш және басқа да улы элементтер сияқты ауыр металдар химиялық тыңайтқыштарды, пестицидтерді қолдану, өнеркәсіптің ластануы және басқа антропогендік факторлар әсерінен топырақта жиналуы мүмкін. Бұл металдар өсімдіктерге тамыр жүйесі арқылы ене алады, және олар өсімдіктің әртүрлі бөліктерінде - тамырларда, сабақтарда, жапырақтарда және жемістерде жинақталады. Қазақстанда өсімдік шаруашылығының дамуы аясында топырақтағы химиялық элементтерді нормалау қажеттілігі туындап отыр (сурет 1).

Диаграмманы талдау 2020–2023 жылдары Қазақстандағы егіс алқаптарының жалпы алғанда өсу үрдісіне ие болғанын және 2023 жылы ең жоғары мәнге жеткенін, ал 2024 жылы аздап қысқару байқалғанын көрсетеді. Егіс құрылымының негізгі бөлігін дән

және бұршақты дақылдар тұрақты түрде алып отыр, бұл олардың елдің азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз етудегі және экспорттық әлеуетін қолдаудағы шешуші рөлін растайды. Майлы және мал азықтық дақылдар егіс көлемінің орташа ауытқуларымен сипатталады, ал көкөніс, бақша дақылдары, тамыржемістілер мен түйнек-жемістілер жалпы егіс құрылымында салыстырмалы түрде аз үлеске ие.

Олардың өсімдік өнімдеріндегі мөлшері рұқсат етілген деңгейден асып кетуі мүмкін, бұл улы элементтердің қоректік тізбектерге түсу қаупін туғызып, адам мен жануарлар денсаулығына әлеуетті қатер төндіреді. Зерттеулер көрсеткендей, ауыр металдардың жиналу қарқындылығы топырақ қасиеттеріне, ондағы металдардың мөлшеріне, сондай-ақ өсімдіктердің өсу кезеңіне байланысты. Атап айтқанда, шайылған қара топырақтармен салыстырғанда шымды-күлгін топырақтарда мырыш пен мыстың жинақталуы анағұрлым айқын байқалады [14].



Сурет 1 - Негізгі ауыл шаруашылығы дақылдарының нақтыланған егіс көлемі, мың гектар

Осыған байланысты топырақтардың химиялық құрамын тұрақты бақылау және ауыр металдар мөлшеріне мониторинг жүргізу олардың өсімдік-

терге көшуінің алдын алу, экологиялық тәуекелдерді төмендету және ауыл шаруашылығы өнімдерінің қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін өте маңызды [13, 14].

Кесте 5 - Ауыл шаруашылығы дақылдарының органдарында ауыр металдардың таралуы

Дақыл	Өсімдік мүшесі	Элемент, мг/кг							
		Cu	Zn	Cd	Pb	Mn	Co	Ni	Cr
Бидай	Астық	3,48	29,48	0,075	0,25	28,00	0,15	0,65	0,45
	Сабан	2,15	25,45	0,10	0,52	21,23	0,92	1,32	0,88
	Тамыры	5,10	23,10	1,48	2,17	34,45	0,65	0,91	2,06
Сұлы	Астық	5,20	18,66	0,028	0,25	56,23	0,23	0,55	0,94
	Сабан	3,90	23,56	0,15	0,58	20,46	0,82	2,16	3,17
	Тамыры	4,96	19,00	0,67	2,57	59,00	0,78	1,98	5,17
Арпа	Астық	4,04	33,16	0,06	0,24	26,35	0,36	0,60	0,44
	Сабан	3,12	26,73	0,09	0,61	22,09	0,68	0,88	1,12
	Тамыры	4,22	22,56	2,15	1,05	28,12	0,54	1,26	2,45

Берілген деректерді талдау ауыр металдардың ең көп жиналуы зерттелген барлық дақылдардың тамырларында жүретінін, ал олардың дән мен сабандағы мөлшері едәуір төмен екенін көрсетті. Бұл әсіресе кадмий, хром және никель үшін тән, яғни тамыр жүйесінің уытты элементтердің өсімдіктердің жеуге жарамды бөліктеріне өтуін шектеудегі тосқауылдық рөлін айғақтайды. Кадмийдің жоғары концентрациясы арпада, ал марганец, қорғасын және никельдің жоғары мөлшері сұлыда анықталды. Бидай дәніндегі элементтердің көпшілігінің мөлшері ең төмен болуымен сипатталады, бұл оны ластану жағдайында салыстырмалы түрде анағұрлым қауіпсіз дақыл ретінде қарастыруға мүмкіндік береді.

Ауыр металдардың жиналуын азайту үшін экологиялық қауіпсіз тыңайтқыштарды қолдану, топырақты ұтымды өңдеу, ауыспалы егіс, фиторемедиация және топырақтар мен өсімдіктердегі ластағыштар мөлшерін тұрақты бақылау қажет. Сонымен қатар, кадмий мен мырышты қоса алғанда, бірқатар ауыр металдар бойынша нормативтердің болмауы экологиялық тәуекелдерді объективті бағалауды қиын-

датады, бұл нормалау жүйесін кеңейту және топырақ жағдайының мониторингін күшейту қажеттігін растайды.

ҚОРЫТЫНДЫ

Қазақстан Республикасының топырақ ресурстары - елдің табиғи капиталының стратегиялық маңызды құрамдас бөлігі, әсіресе оның аграрлық бағыты мен ауыл шаруашылығы мақсатындағы едәуір аумақтарды қамтуы жағдайында. 2023 жылғы 1 қарашадағы жағдай бойынша пайдаланылатын жер қорының жалпы ауданы 262,9 млн га құрады, оның ішінде 113,6 млн га ауыл шаруашылығы алқаптары, негізінен жайылымдармен (72,9%) қамтылған. Өнімді егістік жерлер солтүстік өңірлерде шоғырланған және жалпы аумақтың тек төрттен бірін ғана құрайды, бұл оларды ұтымды пайдалану мен деградациядан қорғаудың маңыздылығын көрсетеді. Топырақты тиімді пайдалану мен қорғау тиісті экологиялық нормалау жүйесінсіз мүмкін емес. Алайда Қазақстанда топырақтағы ластаушы заттардың шекті рұқсат етілген концентрацияларын (ШРК) айқындайтын қолданыстағы нормативтік база тек 7 элементпен (Co, F, Cr, As, Hg, Pb, S) шектеледі. Бұл көрсеткіш халықаралық

және өңірлік стандарттардан едәуір төмен (мысалы, Канадада, АҚШ-та, Нидерландыда және Ресей Федерациясында 15–25 элемент және одан да көп нормаланады). Бұл агроөнімдерде, су көздерінде және трофикалық тізбектерде жиналуы мүмкін улы заттарды толық ескермей қалу қаупін тудырады. Өнеркәсіптік және аграрлық жүктеменің артуы, климаттық өзгерістер және азық-түлік қауіпсіздігінің шиеленісуі жағдайында нормаланатын химиялық

элементтер спектрін кеңейту, халықаралық тәсілдерді (әсіресе ЭЫДҰ ұсынымдарын) интеграциялау, сондай-ақ өңірлік деңгейде топырақтың жай-күйіне бақылауды күшейту аса маңызды. Жер ресурстарын басқарудың кешенді тәсілі тек құқықтық және санитарлық нормаларды ғана емес, сонымен қатар биогеохимиялық ерекшеліктерді, агроэкологиялық тәуекелдерді және орнықты жер пайдалану қағидаттарын есепке алуды қамтуы тиіс.

ҚАРЖЫЛАНДЫРУ ТУРАЛЫ АҚПАРАТ

Ғылыми зерттеулер 2024–2026 жылдарға арналған BR24992839 «Қостанай облысының ауыл шаруашылығы жерлері мен өнімдеріне экотоксиканттар мен инновациялық агротехнологиялардың әсерін зерттеу» жобасы аясында ғалымдардың гранттық бағдарламалық-мақсатты қаржыландыру шеңберіндегі ғылыми-зерттеу жұмыстары ретінде орындалды.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Сапаров А. С. Биологическая продуктивность почв Казахстана в условиях антропогенеза // Вестник Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина. – 2015. – № 2 (85). – С. 22–28.
2. Джаланкузов Т. О состоянии загрязнения почв Республики Казахстан // Вестник КазНУ. Серия экологическая. – 2016. – № 4 (49). – С. 50–55.
3. Амергужин Х. А. Агроэкологическая оценка почв Костанайской области Казахстана // Вестник аграрной науки Казахстана. – 2017. – № 10. – С. 95–98.
4. Кененбаев С. Б. Приоритетные направления развития земледелия в обеспечении оптимального воспроизводства плодородия почв Казахстана // Вестник сельскохозяйственной науки. – 2018. – № 5. – С. 65–69.
5. Сапаров А. С. Состояние агрохимического мониторинга плодородия почв Республики Казахстан и продуктивность сельскохозяйственных культур // Вестник аграрной науки. – 2019. – № 2. – С. 91–96.
6. Гребенева О. В. Проблемы загрязнения почвы твёрдыми отходами промышленных предприятий в Казахстане // Вестник экологической науки. – 2020. – № 3. – С. 112–118.
7. Кобегенова Х. Н. Деградация свойств почвы в результате воздействия природных и антропогенных факторов на территории Республики Казахстан // География и природные ресурсы. – 2021. – № 1. – С. 77–81.
8. Кан В. М. Разработка теории и научных основ сохранения продуктивности и расширенного воспроизводства плодородия почв Республики Казахстан // Аграрная наука Евразии. – 2022. – № 4. – С. 45–52.
9. Сводный аналитический отчёт о состоянии и использовании земель Республики Казахстан за 2023 год. – Астана, 2023. – 115 с.

10. Тіршілік ету ортасының қауіпсіздігіне арналған гигиеналық нормативтерді бекіту туралы : Қазақстан Республикасы Денсаулық сақтау министрінің 2021 жылғы 21 сәуірдегі № ҚР ДСМ-32 бұйрығы [Электрондық ресурс]. – Қазақстан Республикасы Әділет министрлігінде 2021 жылғы 22 сәуірде № 22595 болып тіркелді. – Режим доступа: <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/V2100022595>. - Жүгінген күні: 01.07.2025.

11. Қазақстан Республикасының Экологиялық кодексі: 2007 жылғы 9 қаңтардағы № 212 Қазақстан Республикасының Заңы [Электрондық ресурс]. – Режим доступа: <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/K070000212>. - Жүгінген күні: 01.07.2025.

12. Қазақстан Республикасының Экологиялық кодексі: 2021 жылғы 2 қаңтардағы № 400-VI ҚРЗ Қазақстан Республикасының Заңы [Электрондық ресурс]. – Режим доступа: <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/K2100000400>. - Жүгінген күні: 01.07.2025.

13. Семенкова И. Н. Международные системы нормирования содержания химических элементов в почвах: принципы и методы (обзор) // Почвоведение. – 2019. – № 4. – С. 57–63.

14. Переволоцкая Т. В. Закономерности миграционных процессов тяжёлых металлов в системе «почва - сельскохозяйственные растения» на примере коэффициента накопления Cu, Zn, Pb, Cd в зерновых культурах (зерно пшеницы и ячменя) // Проблемы науки. – 2017. – № 10 (92).

15. Ramazanova E., Lee S. H., Lee W. Stochastic Risk Assessment of Urban Soils Contaminated by Heavy Metals in Kazakhstan // Science of the Total Environment. – 2021. – Vol. 750. – Art. 141535. – P. 1–6. - DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.141535.

16. Guney M., Yagofarova A., Yapiyev V., Schönbach C., Kim J. R., Inglezakis V. J. Distribution of Potentially Toxic Elements in Topsoils Across Kazakhstan // Geoderma Regional. – 2020. – Vol. 21. – P. 1–11. - DOI: 10.1016/j.geodrs.2020.e00281.

17. Amirgaliyev Y., Mukhamediev R., Merembayev T. Remote Sensing and Machine Learning to Predict Soil Salinity in Kazakhstan // Environmental Systems Research. – 2024. – Vol. 5. – № 1. – P. 1–14. - DOI: 10.1007/s43621-024-00594-8.

18. Zhyrgalova A., Yelemessova S., Ablaihana B., Aitkhozhayeva G., Zhildikbayeva A. Assessment of Potential Ecological Risk of Heavy Metal Contamination of Agricultural Soils in Kazakhstan // Brazilian Journal of Biology. – 2024. – Vol. 84. – P. 1–9. - DOI: 10.1590/1519-6984.280583.

REFERENCES

1. Saparov A. S. Biologicheskaya produktivnost' pochv Kazakhstana v usloviyakh antropogeneza // Vestnik Kazakhskogo agrotekhnicheskogo universiteta im. S. Seyfullina. – 2015. – № 2 (85). – S. 22–28.

2. Dzhalankuzov T. O sostoyanii zagryazneniya pochv Respubliki Kazakhstan // Vestnik KazNU. Seriya ekologicheskaya. – 2016. – № 4 (49). – S. 50–55.

3. Amerguzhin Kh. A. Agroekologicheskaya otsenka pochv Kostanayskoy oblasti Kazakhstana // Vestnik agrarnoy nauki Kazakhstana. – 2017. – № 10. – S. 95–98.

4. Kenenbaev S. B. Prioritetnye napravleniya razvitiya zemledeliya v obespechenii optimal'nogo vosproizvodstva plodorodiya pochv Kazakhstana // Vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki. – 2018. – № 5. – S. 65–69.

5. Saparov A. S. Sostoyanie agrokhimicheskogo monitoringa plodorodiya pochv Respubliki Kazakhstan i produktivnost' sel'skokhozyaystvennykh kul'tur // Vestnik agrarnoy nauki. – 2019. – № 2. – S. 91–96.

6. Grebeneva O. V. Problemy zagryazneniya pochvy tverdymi otkhodami promyshlennykh predpriyatiy v Kazakhstane // Vestnik ekologicheskoy nauki. – 2020. – № 3. – S. 112–118.
7. Kobegenova Kh. N. Degradatsiya svoystv pochvy v rezul'tate vozdeystviya prirodnykh i antropogennykh faktorov na territorii Respubliki Kazakhstan // Geografiya i prirodnye resursy. – 2021. – № 1. – S. 77–81.
8. Kan V. M. Razrabotka teorii i nauchnykh osnov sokhraneniya produktivnosti i rasshirennoy vosproizvodstva plodorodiya pochv Respubliki Kazakhstan // Agrarnaya nauka Evrazii. – 2022. – № 4. – S. 45–52.
9. Svodnyy analiticheskiy otchet o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' Respubliki Kazakhstan za 2023 god. – Astana, 2023. – 115 s.
10. Tirshilik etu ortasynyn kauipsizdigine arnalgan gigenalyk normativterdi bekityuraly: Kazakstan Respublikasy Densaulyk sakhtau ministrinin 2021 zhylygy 21 säuirdegi № KR DSM-32 buirygy [Elektronnyy resurs]. – Kazakstan Respublikasy Adilet ministriliginde 2021 zhylygy 22 säuirde № 22595 bolyp tirkelgen. – Rezhim dostupa: <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/V2100022595>. - Data obrashcheniya: 01.07.2025.
11. Kazakstan Respublikasynyn Ekologiyalyk kodeksi: 2007 zhylygy 9 qantardagy № 212 Kazakstan Respublikasynyn Zany [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/K070000212>. - Data obrashcheniya: 01.07.2025.
12. Kazakstan Respublikasynyn Ekologiyalyk kodeksi: 2021 zhylygy 2 qantardagy № 400-VI KRZ Kazakstan Respublikasynyn Zany [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/K2100000400>. - Data obrashcheniya: 01.07.2025.
13. Semenkova I. N. Mezhdunarodnye sistemy normirovaniya sodержaniya khimicheskikh elementov v pochvakh: printsipy i metody (obzor) // Pochvovedenie. – 2019. – № 4. – S. 57–63.
14. Perevolockaja T. V. Zakonomernosti migracionnykh processov tjazholykh metallov v sisteme «pochva - sel'skohozjajstvennyye rasteniya» na primere kojefficienta nakopleniya Cu, Zn, Pb, Cd v zernovykh kul'turah (zerno pshenicy i jachmenja) // Problemy nauki. – 2017. – № 10 (92).
15. Ramazanova E., Lee S. H., Lee W. Stochastic Risk Assessment of Urban Soils Contaminated by Heavy Metals in Kazakhstan // Science of the Total Environment. – 2021. – Vol. 750. – 141535. – P. 1–6. - DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.141535.
16. Guney M., Yagofarova A., Yapiyev V., Schonbach C., Kim J. R., Inglezakis V. J. Distribution of Potentially Toxic Elements in Topsoils Across Kazakhstan // Geoderma Regional. – 2020. – Vol. 21. – P. 1–11. - DOI: 10.1016/j.geodrs.2020.e00281.
17. Amirgaliyev Y., Mukhamediev R., Merembayev T. Remote Sensing and Machine Learning to Predict Soil Salinity in Kazakhstan // Environmental Systems Research. – 2024. – Vol. 5. – № 1. – P. 1–14. - DOI: 10.1007/s43621-024-00594-8.
18. Zhyrgalova A., Yelemessova S., Ablaihana B., Aitkhozhayeva G., Zhildikbayeva A. Assessment of Potential Ecological Risk of Heavy Metal Contamination of Agricultural Soils in Kazakhstan // Brazilian Journal of Biology. – 2024. – Vol. 84. – P. 1–9. - DOI: 10.1590/1519-6984.280583.

РЕЗЮМЕ

А. Ысқақ¹, К.А. Казбекова^{1*}, Г.Н. Дәулеткелді¹, С.А. Дарибаева¹
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ОХРАНУ ПОЧВЕННЫХ
РЕСУРСОВ КАЗАХСТАНА

¹НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет
Байтұрсынұлы», 110000, Костанай, пр. Абая, 28/1, Казахстан,
*e-mail: karina09081999@gmail.com

В условиях нарастающей антропогенной нагрузки и климатических изменений рациональное управление почвенными ресурсами становится ключевым фактором устойчивого сельскохозяйственного развития Республики Казахстан. Целью данного исследования является анализ состава и использования земельного фонда, состояния сельскохозяйственных угодий, а также системы экологического нормирования химических загрязнений почв. В задачи работы входило выявление региональных особенностей землепользования, изучение нормативных документов, анализ действующих предельно-допустимых концентраций (ПДК) химических веществ в почвах, а также сопоставление отечественной нормативной базы с международными стандартами. Методологическую основу исследования составили сравнительно-правовой анализ, обобщение материалов официальных государственных источников. Согласно опубликованным данным, основная часть сельхозугодий страны (более 70%) занята пастбищами, тогда как продуктивная пашня сосредоточена преимущественно в северных регионах. Такое распределение земельных ресурсов требует повышенного внимания к их рациональному использованию и экологической безопасности. Нормативная база Казахстана охватывает всего 7 химических элементов, что существенно уступает показателям стран ОЭСР и СНГ. Работа обладает научной и прикладной значимостью, поскольку подчёркивает необходимость расширения перечня нормируемых загрязнителей с учётом биогеохимических и аграрных особенностей регионов. Полученные выводы могут быть использованы при разработке стратегий устойчивого землепользования, совершенствовании экологической политики и в практике почвенного мониторинга. Исследование вносит вклад в развитие агроэкологической безопасности и формирование современной системы охраны почв в Казахстане.

Ключевые слова: сельскохозяйственные земли, почвенные ресурсы, предельно-допустимая концентрация, агроэкология, землепользование, загрязнение почв, нормативная база.

SUMMARY

A. Yskak¹, K.A. Kazbekova^{1*}, G.N. Dauletkeledi¹, S.A. Daribayeva¹
PHYSICO-CHEMICAL REQUIREMENTS ENSURING THE PROTECTION OF SOIL
RESOURCES IN KAZAKHSTAN

¹«Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University» NLC, 110000, Kostanay,
Abai str., 28/1, Kazakhstan, *e-mail: karina09081999@gmail.com

Under conditions of increasing anthropogenic pressure and climate change, the rational management of soil resources is becoming a key factor in the sustainable agricultural development of the Republic of Kazakhstan. The purpose of this study is to analyze the composition and use of the land fund, the condition of agricultural lands, as well as the system of ecological regulation of chemical soil pollution. The tasks of the study included identifying regional features of land use, reviewing regulatory documents, analyzing current maximum permissible concentrations (MPC) of chemical substances in soils, and comparing the national regulatory framework with international standards. The methodological basis of the research consisted of comparative legal analysis and the synthesis of materials from official state sources. As a result, it was found that the majority of the country's agricultural lands (more than 70%) are occupied by pastures, while productive arable land is concentrated mainly in the northern regions. Such a

distribution of land resources requires increased attention to their rational use and ecological safety. The regulatory framework of Kazakhstan covers only 7 chemical elements, which is significantly lower than the indicators of OECD and CIS countries. The study has scientific and practical significance, as it highlights the need to expand the list of regulated pollutants, taking into account the biogeochemical and agricultural characteristics of the regions. The findings can be used in the development of sustainable land use strategies, improvement of environmental policy, and in the practice of soil monitoring. The research contributes to the development of agroecological safety and the formation of a modern soil protection system in Kazakhstan.

Keywords: agricultural lands, soil resources, maximum permissible concentration (MPC), agroecology, land use, soil pollution, regulatory framework.

АВТОРЛАР ТУРАЛЫ МӘЛІМЕТ

1. Ысқақ Алия – Қолданбалы биотехнологиялық ғылыми-зерттеу институтының директоры, ауылшаруашылық ғылымдарының кандидаты, <https://orcid.org/0000-0002-8313-8982>, e-mail: alia-almaz@mail.ru

2. Казбекова Карина Азаматовна – Педагогика ғылымдарының магистрі, <https://orcid.org/0000-0002-6468-2843>, e-mail: karina09081999@gmail.com

3. Дәулеткелді Гүлнұл Нұрланқызы – магистратураның білім алушысы, <https://orcid.org/0009-0002-5996-8545>, e-mail: gulnuradauletkel@gmail.com

4. Дарибаева Севара Анварқызы – Жаратылыстану-ғылыми пәндер кафедрасының аға оқытушысы, жаратылыстану ғылымдарының магистрі, <https://orcid.org/0000-0003-1911-6663>, e-mail: sevara.daribaeva@gmail.com

МОЛОДЫЕ УЧЁНЫЕ

SISTI: 68.05.31; 68.05.33

DOI: 10.51886/1999-740X_2026_2_96

T. Ahadov^{1*}**AGROCHEMICAL PROPERTIES AND FERTILITY POTENTIAL OF MOUNTAIN-FOREST SOILS IN THE LANKARAN-ASTARA REGION SUPPORTING PERSIAN IRONWOOD (*PARROTIA PERSICA*) AND CASPIAN LOCUST (*GLEDITSIA CASPICA*)**

¹*Institute of Geography of the Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan, AZ1000, 23 Ilgar Zulfuqarov Street, Baku, Azerbaijan,*

e-mail: ehedov-tural@mail.ru

Abstract. This study investigates the relationship between the distribution patterns of two relict tree species-ironwood (*Parrotia persica*) and Caspian locust (*Gleditsia caspica*) - and soil conditions in the mountain forest ecosystems of the Lankaran-Astara economic region. The research was conducted between 2022 and 2025. A total of 112 soil samples were collected from 28 soil profiles and analyzed for total organic carbon (TOC), FTIR spectroscopy, pH, particle size distribution (laser diffraction), trace element composition (ICP-MS), and clay mineral composition (XRD). The results indicate that *P. persica* reaches its maximum density (410 trees/ha) on northern slopes at elevations of 600–800 m, whereas *G. caspica* attains higher density (265 trees/ha) on southeastern slopes at 400–600 m. Mountain forest brown soils formed under *P. persica* show higher humus content (6.2%), TOC (4.2%), and slightly acidic pH (6.0), while mountain forest yellow and brown soils under *G. caspica* are characterized by moderate humus content (3.5%), TOC (2.4%), and neutral pH (6.5). Soils under *P. persica* are enriched in Zn (54 mg/kg) and Cu (14.5 mg/kg), whereas those under *G. caspica* contain higher concentrations of Fe (5400 mg/kg) and Mn (400 mg/kg). The soils under *P. persica* exhibit high potential for organic farming, while those under *G. caspica* have neutral pH, making them suitable for a wide range of crops.

Keywords: Persian Ironwood, Caspian locust, soil conditions, agrochemistry, soil fertility, micronutrients.

INTRODUCTION

The Lankaran-Astara economic region is located in southeastern Azerbaijan, along the western coast of the Caspian Sea [1]. This area encompasses the main part of the Hyrcanian forests, which represent one of the country's most important natural resources [2]. The Hyrcanian forests are a globally significant natural complex, rich in relict and endemic species originating from the Tertiary period. Their evolutionary history spans millions of years, and they represent rare ecosystems that survived Quaternary glaciations and persist to the present day [3].

The international importance of the Hyrcanian forests was officially recognized in 2019, when the portions located in Iran were inscribed on the UNESCO World Heritage List [4]. In 2023, the Azerbaijani

parts of the Hyrcanian forests were added to this list [5]

Criterion (ix): The forests demonstrate uninterrupted evolutionary processes since the Quaternary glaciation, enabling the specification of various plant and animal species.

Criterion (x): The area provides critical habitat for endangered species, such as the Persian leopard (*Panthera pardus tulliana*), and numerous endemic tree species, including Persian Ironwood (*Parrotia persica*), Caspian Locust (*Gleditsia caspica*), wingnut (*Pterocarya fraxinifolia*), and Zelkova (*Zelkova carpinifolia*).

Parrotia persica (ironwood) is not only one of the most typical representatives of the Hyrcanian forests but also a living relict of the Tertiary period [6]. Fossil remains of this species have been discove-

red in Middle Miocene layers in Austria, indicating that it once had a much wider distribution [7]. Currently, its natural range is largely confined to the Hyrcanian forests along the southwestern coast of the Caspian Sea [8]. Its distribution extends northward to the southeastern regions of Azerbaijan (Lankaran, Astara) and southward to the Elburz Mountains in Iran [9]. The exceptional hardness of its wood makes it suitable for the construction of

bridges, tool handles, and telephone poles [10]. The widespread presence of *Parrotia persica* within Hirkan National Park has played a significant role in the inclusion of these areas on the UNESCO World Heritage List. The exceptional hardness of the wood allows it to be used in the construction of bridges, tool handles, and even telephone poles, which is why it is known in English as "Persian Ironwood" and in German as "Eisenholz".



Figure 1 - Ironwood *Parrotia Persica*

Gleditsia caspica (*Caspian locust*) is an endemic and relict tree species of the Hyrcanian forests, found only along the southwestern coast of the Caspian Sea, in southeastern Azerbaijan (Lankaran, Astara) and northern Iran [11]. Phylogenetic analyses indicate that *G. caspica* originated

from *Gleditsia japonica*, which is widespread in East Asia [12]. The range much of its habitat has been lost due to anthropogenic impacts, and the species currently exists mainly as isolated individuals or small groups.



Figure 2 - *Gleditsia caspica* (*Caspian Locust*)

In recent years, the conservation and sustainable management of biodiversity in the Hyrcanian forests have gained international attention [13]. However, scientific information on the relationship between the distribution of *P. persica* and *G. caspica* and the morphogenetic and physicochemical properties of soils remains very limited [14]. Existing research has primarily focused on the general characteristics of the soil cover in the Lankaran-Astara region and the study of macroelement composition in soils.

Therefore, a detailed investigation of the soils under both species is of significant scientific and practical importance for both the conservation of the Hyrcanian forests and the assessment of the region's agricultural potential.

The aim of this study is to investigate the relationship between the distribution patterns of *P. persica* and *G. caspica* and soil conditions in the mountain forest ecosystems of the Lankaran-Astara region, as well as to evaluate the agrochemical properties of these soils and determine their fertility potential for agricultural use.

The objectives of this study are:

1. To determine the distribution density of *P. persica* and *G. caspica* across elevation gradients and slope exposures.
2. To analyze the morphological, physicochemical properties, and trace element composition of soils formed under both species.
3. To determine the correlation between soil parameters and species distribution density.
4. To evaluate the agrochemical potential and agricultural use potential of the studied soils.

MATERIALS AND METHODS

The research was conducted between 2022 and 2025 in the Lankaran-Astara economic region, on the southeastern slopes of the Talysh Mountains (38°30'–39°00' N, 48°30'–49°00' E). The area features low-mountain (0–600 m),

mid-mountain (600–1200 m), and high-mountain (1200–2400 m) zones, with slope steepness of 5–30° and various exposures [2]. The humid subtropical climate has annual precipitation of 1200–1750 mm (maximum in autumn) and mean annual temperature of 12–14°C, with a growing season of 230–250 days [15].

A transect method was used to study 28 soil profiles, selected based on vegetation: *P. persica*-dominated (8 profiles), *G. caspica*-dominated (8), mixed forest (6), and control areas without either species (6). Genetic horizons (A0, A1, B, C) were identified according to WRB [16]. Horizon thickness was measured, and color was recorded using the Munsell chart. From each horizon, three composite samples (each from 5 subsamples within 10×10 m) were collected using a stainless steel auger. A total of 112 samples were air-dried (20–25°C, 7–10 days), crushed, and sieved (<2 mm) for analysis.

All analyses were conducted at the Institute of Soil Science and Agrochemistry (ANAS).

Total organic carbon (TOC) was determined by dry combustion (Vario EL III, Elementar). Carbonates were removed with 1 M HCl; samples were combusted at 900°C. TOC was calculated as total carbon minus inorganic carbon [17]. Organic matter was calculated as TOC × 1.724 [18].

FTIR spectroscopy (Bruker Alpha II, ATR unit) was used to assess organic matter quality. Spectra were recorded at 4000–400 cm⁻¹ (4 cm⁻¹ resolution, 32 scans). The aliphatic/aromatic ratio was calculated from peaks at 2920 cm⁻¹ (C–H) and 1620 cm⁻¹ (C=C) [19].

Soil pH was measured in a 1:2.5 soil-water suspension (Mettler Toledo SevenCompact S210) after shaking for 30 minutes and standing for 1 hour [20].

Particle size distribution was determined by laser diffraction (Mastersizer 3000, Malvern Panalytical). Organic matter and carbonates were removed with H₂O₂

and HCl, respectively. Fractions were classified according to USDA [21].

Trace elements (Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Pb, Ni, Co, Cr) were analyzed by ICP-MS (Agilent 7900). Samples (0.5 g) were digested in aqua regia using microwave digestion (Mars 6). Quality control was ensured using certified reference material NIST 2709a (recovery 92–106%) [22].

Clay mineral composition was determined by X-ray diffraction (D8 Advance, Bruker). The clay fraction (<0.002 mm) was separated by sedimentation. Oriented mounts were analyzed under three treatments: air-dried, ethylene glycol-solvated, and heated (550°C). Minerals were identified using EVA software [23].

Tree density was assessed in 10×10 m plots [24]. Ten plots were established per species, counting individuals with DBH≥5 cm. Density was expressed as trees/ha. Elevation and slope exposure were recorded using GPS (Garmin GPSMAP 64s) and compass.

GIS analyses were performed using ArcGIS Pro 3.0 with SRTM DEM (30 m resolution) [25]. Topographic variables (elevation, slope, aspect, topographic wetness index) were derived.

Species distribution modeling was conducted using MaxEnt 3.4.4 [26]. Occurrence data (50 points per species) and environmental variables (topographic, climatic, and soil parameters) were used. Model settings included 10 cross-validation replicates and 5000 iterations. Model accuracy was evaluated using AUC [27].

Statistical analyses were performed in R 4.2.3 [28]. Normality was tested using Shapiro–Wilk. Differences between soil types were assessed using t-test or Mann–Whitney U test. Pearson correlation was used to evaluate relationships between species density and environmental variables.

Random Forest analysis ('randomForest' package) was applied to identify factors influencing species distribution [29]. The model used 500 trees with $mtry = p/3$. Variable importance was assessed by mean

decrease in accuracy (MDA) and mean decrease in Gini (MDG). Statistical significance was set at $\alpha = 0.05$.

RESULTS AND DISCUSSION

Our study, using GIS analyses and MaxEnt modeling, determined that *P. persica* reaches its maximum density (410 trees/ha) on northern slopes, while *G. caspica* is more common on southeastern slopes (265 trees/ha). This difference is related to the water regime requirements of the two species. Northern slopes receive less solar radiation throughout the day, leading to longer soil moisture retention. *P. persica*, as a mesophytic plant, thrives under these conditions. Southeastern slopes receive more solar energy, resulting in faster soil drying, whereas *G. caspica*, as a xeromesophyte, is adapted to these conditions. Soil moisture was found to range between 25–30% on northern slopes and 15–20% on southern slopes, explaining the observed differences in species distribution.

Differences in distribution were also observed along the elevation gradient. *P. persica* occurs at elevations of 200–1600 m, with an optimal zone at 600–800 m. Within this elevation range, air humidity is optimal (annual precipitation 1400–1600 mm), and temperature fluctuations are minimal (mean annual temperature 12–13°C). Above 800 m, the density of *P. persica* gradually decreases, with only scattered individuals found above 1600 m. *G. caspica* occurs at elevations of 200–1200 m, with an optimal zone at 400–600 m. Above 1200 m, the density of *G. caspica* sharply decreases, which can be explained by its sensitivity to low temperatures. In the 400–600 m interval, the mean annual temperature is 14–15°C and precipitation is 1200–1400 mm, which is optimal for the species.

Random Forest analysis showed that the most influential factors for *P. persica* distribution were slope exposure (34.2%), elevation (28.7%), and humus content (18.3%). This result indicates that

topographic factors play the primary role for *P. persica*, while soil humus content is of secondary importance. The high influence of slope exposure reflects the species' sensitivity to light and moisture regimes, while the significant effect of elevation indicates its adaptation to temperature and precipitation gradients. For *G. caspica*, the most important factors were iron content (31.5%), pH (24.8%), and slope exposure (19.4%). This result shows that *G. caspica* is more sensitive to soil chemical properties, particularly iron content and acidity level. The high influence of iron is related to the specific iron requirements of the *Gleditsia genus*.

The accuracy of MaxEnt modeling was AUC = 0.892 for *P. persica* and AUC = 0.874 for *G. caspica*. These values, close to 0.9, indicate that the models fall into the "very good" accuracy category. Based on these models, projections were made according to climate change scenarios (RCP 4.5 and RCP 8.5).

The results indicate that by 2050, the range of *P. persica* will shift to elevations of 400–1200 m, while the range of *G. caspica* will shift to 200–600 m. Range contraction will be more severe under the RCP 8.5 scenario. These projections highlight the need to create new protected areas for both species.

Table 1 - Ecological characteristics of ironwood and Caspian locust

Characteristic	<i>P. persica</i> (ironwood)	<i>G. caspica</i> (Caspian locust)
Ecological type	Mesophyte	Xeromesophyte
Optimal elevation (m)	600–800	400–600
Elevation range (m)	200–1600	200–1200
Preferred slope exposure	North, northwest	South, southeast
Maximum density (trees/ha)	410	265
MaxEnt AUC value	0.892	0.874
Random Forest main factor 1	Slope exposure (34.2%)	Iron content (31.5%)
Random Forest main factor 2	Elevation (28.7%)	pH (24.8%)
Random Forest main factor 3	Humus content (18.3%)	Slope exposure (19.4%)

Our results show high consistency with studies conducted in the Iranian Hyrcanian forests. Sagheb-Talebi et al. [30] reported that *P. persica* in the Iranian Hyrcanian forests is mainly concentrated on northern slopes at 400–1200 m elevation, with AUC values ranging from 0.85 to 0.91, which aligns well with our result of 0.892 Pourmajidian et al. [31] stated that *G. caspica* prefers warmer and sunnier slopes in the Mazandaran province of Iran, with AUC values ranging from 0.82 to 0.89. Kooch et al. [32] identified slope exposure, elevation, and organic matter as the main factors affecting *P. persica* distribution, which fully agrees with our Random Forest analysis results.

Physicochemical Properties of Soils: Soils formed under *P. persica* belong to the mountain forest brown soil type. These soils have a humus layer (A+AB horizons) with an average thickness of 55 cm, average humus content of 6.2%, TOC of 4.2%, pH of 6.0, and physical clay content of 52.5%. The high humus content and thick profile of these soils indicate their high fertility potential. The slightly acidic reaction (pH 6.0) is optimal for most forest plants. The heavy mechanical composition (clayey) ensures water retention in the soil but simultaneously complicates drainage. Profile analysis showed that humus thickness is inversely proportional to slope steepness: on steep slopes (>15°), humus

layer thickness is 40–45 cm, while on gentle slopes (5–15°), it is 55–65 cm.

Soils formed under *G. caspica* belong to the mountain forest yellow and brown soil types. These soils have a humus layer with an average thickness of 30 cm, average humus content of 3.5%, TOC of 2.4%, pH of 6.5, and physical clay content of 38.5%. Compared to soils under *P. persica*, these soils have a thinner humus layer, lower humus content, and lighter mechanical composition. The neutral pH (6.5) is favorable for most plants. Mountain forest yellow soils have a yellowish color throughout the profile, indicating the predominance of hydrated forms of iron compounds. Iron-manganese concretions are frequently encountered in the illuvial horizon of these soils.

FTIR spectroscopy results showed that soils under *P. persica* exhibit intense peaks in the aliphatic C–H (2920 cm⁻¹) and aromatic C=C (1620 cm⁻¹) regions, indicating the predominance of stable forms of humus [19]. This stable organic matter remains in the soil for a long time and significantly contributes to carbon sequestration. The aliphatic/aromatic ratio was 1.2 in soils under *P. persica* and 0.8 in soils under *G. caspica*, indicating that organic matter in soils under *P. persica* is more decomposed and in a more stable form. Soils under *G. caspica* showed more intense carboxyl C=O (1720 cm⁻¹) and hydroxyl O–H (3400 cm⁻¹) regions, reflecting the less stable, readily decomposable nature of the organic matter [19].

Table 2 - Physicochemical properties of soils under ironwood and Caspian locust

Parameter	Soils under <i>P. persica</i>	Soils under <i>G. caspica</i>
Soil type	Mountain forest brown	Mountain forest yellow and brown
Humus layer thickness (A+AB), cm	55	30
Humus content (A1), %	6.2	3.5
TOC (total organic carbon), %	4.2	2.4
pH (H ₂ O)	6.0	6.5
Physical clay (<0.01 mm), %	52.5	38.5
Texture	Clayey, heavy clayey	Clayey, medium clayey
Aliphatic/aromatic ratio (FTIR)	1.2	0.8

The high humus content (6.2%) and thick humus layer (55 cm) observed in soils under *P. persica* are consistent with findings by Kooch et al. [32] in the Iranian Hyrcanian forests (humus 5.5–7.5%, thickness 45–65 cm). Khormali et al. [33] reported TOC values of 3.8–5.2% in soils under *P. persica* in Iran's Gilan province, which aligns with our results (3.5–4.8%). The humus content (3.5%) and TOC values (2.4%) found in soils under *G. caspica* correspond to values reported by Pourmajidian et al. (humus - 2.8–4.2%, TOC 1.8–3.0%) [31]. Our FTIR spectroscopy results are also consistent with those reported by Ellerbrock and Gerke [19].

Trace Element Content and Vertical Distribution: ICP-MS analysis determined the content of nine trace elements (Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Pb, Ni, Co, Cr). Concentrations of heavy metals (Cd, Pb, Ni, Co, Cr) were below background levels in all samples, indicating that the soils are free from anthropogenic contamination. Cd concentrations ranged from 0.1–0.3 mg/kg, Pb from 8–15 mg/kg, Ni from 20–35 mg/kg, Co from 5–10 mg/kg, and Cr from 40–60 mg/kg, all below the maximum permissible concentrations (MPC).

In mountain forest brown soils formed under *P. persica*, Zn and Cu reach maximum concentrations in the upper

horizon (A1) and decrease with depth. Zinc was 54 mg/kg in the A1 horizon and 45 mg/kg in the B horizon. Copper was 14.5 mg/kg and 11.5 mg/kg, respectively. This distribution pattern indicates biogenic accumulation: Zn and Cu absorbed by plants from deeper layers are returned to the upper soil layer through leaf litter. Zn concentration in leaf litter was found to be 80–100 mg/kg, and Cu concentration 20–25 mg/kg, explaining the enrichment of these elements in the upper horizon. Fe and Mn were relatively evenly distributed throughout the profile (Fe - 4550–4680 mg/kg, Mn - 335–365 mg/kg). The relatively even distribution of these elements indicates their derivation from parent material and the absence of

intensive migration within the profile.

In mountain forest yellow soils formed under *G. caspica*, Fe and Mn concentrations increase with depth, reaching maximum values in the B horizon. Iron was 5150 mg/kg in the A1 horizon and 5400 mg/kg in the B horizon; manganese was 380 mg/kg and 400 mg/kg, respectively. This distribution pattern indicates a leaching (lessivage) process: iron and manganese compounds are washed from the upper horizons and accumulate in the illuvial horizon. This process contributes to the yellowish coloration in the profile of mountain forest yellow soils. Zn and Cu were relatively higher in the A1 horizon (42 mg/kg and 11.0 mg/kg, respectively).

Table 3 - Distribution of trace elements across soil profile (mg/kg)

Horizon	<i>P. persica</i> (mountain forest brown soils)				<i>G. caspica</i> (mountain forest yellow soils)			
	Fe	Mn	Zn	Cu	Fe	Mn	Zn	Cu
A1	4550	365	54	14.5	5150	380	42	11.0
B	4620	350	50	13.0	5400	400	38	9.5
C	4680	335	45	11.5	5300	390	35	8.5

XRD analysis determined the composition of clay minerals. Soils under *P. persica* are dominated by illite (45–50%), kaolinite (25–30%), and smectite (10–15%). The predominance of illite indicates that these soils are relatively less leached and that physical weathering processes prevail. Illite is rich in potassium and serves as an important potassium source for plants. Soils under *G. caspica* are dominated by kaolinite (40–45%), illite (30–35%), and vermiculite (10–12%). The predominance of kaolinite indicates that these soils are more intensively leached and subjected to higher degrees of weathering [23].

Zinc (54 mg/kg) and copper (14.5 mg/kg) concentrations in soils under *P. persica* correspond to values reported by Kooch et al. [32], (Zn 45–60 mg/kg, Cu 10–18 mg/kg). Iron (5400 mg/kg) and manganese (400 mg/kg) concentrations in

soils under **G. caspica** correspond to values reported by Pourmajidian et al. (Fe 4800–5800 mg/kg, Mn 340–450 mg/kg) [31]. The differences observed in the vertical distribution of trace elements also align with international studies. Khormali et al. showed that Fe and Mn compounds accumulate in the illuvial horizon of yellow soils, while in brown soils, trace elements are concentrated in the upper horizon [33]. Our clay mineral composition results also agree with those reported by Moore and Reynolds [23].

Agrochemical Potential and Agricultural Use Potential: Mountain forest brown soils formed under *P. persica* are characterized by high humus content (6.2%), high TOC (4.2%), and rich trace element content (Zn - 51.5 mg/kg, Cu - 13.5 mg/kg). If these soils are used for cultivation, the need for organic fertilizers would be significantly

reduced. The slightly acidic pH (6.0) is suitable for many crops (e.g., legumes and vegetables). The high cation exchange capacity of these soils (25–30 cmol/kg) enhances their ability to retain fertilizer elements and release them gradually to plants. The high organic matter content improves soil water-holding capacity (field water capacity 35–40%) and structure.

Soils formed under *G. caspica*, particularly mountain forest yellow soils, have neutral pH (6.5), which is optimal for most agricultural crops, including cereals, vegetables, and industrial crops. These soils also contain high amounts of Fe (5300 mg/kg) and Mn (390 mg/kg). While iron is essen-

tial for chlorophyll synthesis, excessive concentrations can be toxic to some plants. Irrigation management requires careful attention in these soils, as under waterlogging conditions, toxic forms of iron can develop.

The concentrations of trace elements in both soil types fall within the "normal" range established by Kabata-Pendias [34]. This range is Zn 50–70 mg/kg, Cu 10–20 mg/kg, Fe 5000–10000 mg/kg, and Mn 300–600 mg/kg. All trace elements in our study fall within this range, indicating that the soils are safe in terms of heavy metal contamination [34].

Table 4 - Agrochemical potential of the studied soils

Indicator	Soils under <i>P. persica</i>	Soils under <i>G. caspica</i>	Agronomic significance
Humus, %	6.2	3.5	Reduces need for organic fertilizers
TOC, %	4.2	2.4	Carbon sequestration potential
pH	6.0	6.5	Favorable for most crops
Cation exchange capacity, cmol/kg	25–30	18–22	Retains fertilizer elements
Field water capacity, %	35–40	28–32	Regulates water regime
Zn, mg/kg	51.5	40.0	Essential for plant growth
Cu, mg/kg	13.5	10.0	Essential for photosynthesis
Fe, mg/kg	4600	5300	Requires careful irrigation
Mn, mg/kg	350	390	Essential for plant growth
Agricultural potential	High for organic farming	Suitable for most crops	—

Our findings regarding the high fertility potential of soils under *P. persica* align with those reported by Kooch et al. [32], who classified soils under *P. persica* as "highly fertile" and noted their high potential for organic farming. Pourmajidian et al. highlighted the neutral pH and high iron content of soils under *G. caspica*, emphasizing the importance of proper drainage system installation in these soils [31]. The international standards presented by Kabata-Pendias serve as a primary source for assessing heavy metal content in soils [34].

CONCLUSION

This study has demonstrated a close relationship between the distribution of *Parrotia persica* (ironwood) and *Gleditsia caspica* (*Caspian locust*) and soil conditions in the mountain forest ecosystems of the Lankaran-Astara region.

The two species occupy different ecological niches within the same geographic area. *P. persica* develops optimally on humid northern slopes at 600–800 m elevation, with a maximum density of 410 trees/ha. *G. caspica* predominates on dry southeastern slopes at 400–600 m

elevation, with a maximum density of 265 trees/ha. Random Forest analysis showed that the most influential factors for *P. persica* distribution were slope exposure (34.2%), elevation (28.7%), and humus content (18.3%), while for *G. caspica*, they were iron content (31.5%), and slope exposure (19.4%).

Soil properties also showed significant differences between the species. Mountain forest brown soils form under *P. persica*, characterized by a thick humus layer (55 cm), high humus content (6.2%), slightly acidic reaction (pH 6.0), and heavy texture. Mountain forest yellow and brown soils form under *G. caspica*, with a thinner humus layer (30 cm), moderate humus content (3.5%), neutral reaction (pH 6.5), and medium texture.

Trace element distribution also exhibited different patterns. Soils under *P. persica* are rich in Zn (54 mg/kg) and Cu (14.5 mg/kg), with these elements reaching maximum concentrations in the upper horizon and decreasing with depth, indicating biogenic accumulation. Soils under *G. caspica* are rich in Fe (5400 mg/kg) and Mn (400 mg/kg), with these elements increasing with depth and reaching maximum values in the B horizon, indicating leaching (lessivage) processes. Clay mineral composition also differed: illite pre-

minates in soils under *P. persica*, while kaolinite predominates in soils under *G. caspica*.

In terms of agrochemical potential, soils under *P. persica* have high potential for organic farming due to their high humus and trace element content. Soils under *G. caspica*, with their neutral pH and high iron-manganese content, are suitable for most agricultural crops. Trace element concentrations in both soil types fall within the "normal" range according to international standards, indicating that the soils are safe from heavy metal contamination.

Practical recommendations include limiting anthropogenic impacts on northern slopes for *P. persica* and on southern slopes for *G. caspica*, maintaining forest floor cover, and creating new protected areas for both species based on climate change projections. In agriculture, promoting organic farming on soils under *P. persica* and ensuring proper drainage and irrigation systems on soils under *G. caspica* are recommended.

The results provide a scientific basis for both the conservation and restoration of the Hyrcanian forests, which are inscribed on the UNESCO World Heritage List, and for the sustainable agricultural use of soils in the region.

REFERENCES

1. Mammadov, G.S., & Khalilov, M.Y. Hyrcanian forests of Azerbaijan: biodiversity and conservation issues. – Baku: Elm va Tahsil, 2020. – 220 p.
2. Babayev M.P., Jafarov A.B. Soil cover of the Lankaran-Astara region and its geographical distribution // Soil Science Journal. – 2021. – № 2 (15). – P. 23–38.
3. Yusifov E.Y., Huseynov S.A. Structure, productivity, and sustainable management of Azerbaijan's forests. – Baku: Ziya, 2022. – 180 p.
4. UNESCO. Hyrcanian Forests - Nomination Dossier (Iran). – Paris: UNESCO World Heritage Centre, 2019. – 250 p.
5. UNESCO. Decision 45 COM 8B.4 - Extension of the Hyrcanian Forests (Azerbaijan). – Riyadh: UNESCO World Heritage Centre, 2023. – 15 p.
6. Mehdiyev, A.S. Tertiary relict plants of Azerbaijan: taxonomy and range. – Baku: Elm, 2020. – 195 p.
7. Kovačević J., Mammadov T. Neogene relict plants of the Caspian region // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. – 2022. – Vol. 589. – P. 110834.

8. Safarov H.M. Range and biodiversity of the Caspian Hyrcanian forests // *Geography and Natural Resources*. – 2021. – № 3 (47). – P. 34–49.
9. Akhundov G.A., Mustafayev I.D. Forests of the Lankaran zone: tree species, distribution, and utilization. – Baku: Ziya, 2020. – 160 p.
10. Farjon A. *A Handbook of the World's Temperate Trees*. – London: Kew Publishing, 2021. – 832 p.
11. Mammadov G.S., Yusifov E.Y. Endemic and relict tree species of Azerbaijan: Caspian locust (*Gleditsia caspica*). – Baku: Elm, 2023. – 145 p.
12. Schnabel A., Wendel J.F., Mammadov T. Phylogenetic relationships and biogeography of *Gleditsia* // *Molecular Phylogenetics and Evolution*. – 2021. – Vol. 158. – P. 107083.
13. Mammadov T.S., Hajiyev V.C. *Dendroflora of Azerbaijan: Ironwood (Parrotia persica) morphology, ecology, and economic importance*. – Baku: ADNSU Publishing, 2022. – 175 p.
14. Karimov V.S., Mammadova S.A. Interaction of relict tree species with soil conditions in Hyrcanian forests // *Ecology Journal*. – 2023. – № 2 (34). – P. 67–82.
15. Huseynov N.A., Mammadov A.S. Climatic characteristics of the Lankaran-Astara region // *Hydrometeorology Journal*. – 2023. – № 2 (24). – P. 34–48.
16. Babayev M.P., Gasimov I.S. *Soil research methods: field and laboratory analyses*. – Baku: Elm, 2020. – 240 p.
17. ISO 10694:1995. *Soil quality – Determination of organic and total carbon after dry combustion*. – Geneva: ISO, 1995. – 12 p.
18. Van Bemmelen J.M. On the determination of humus // *Die Landwirtschaftlichen Versuchs-Stationen*. – 1890. – Vol. 37. – P. 279–290.
19. Ellerbrock R.H., Gerke H.H. Characterizing organic matter of soil aggregates by DRIFT spectroscopy // *Geoderma*. – 2004. – Vol. 120, № 3–4. – P. 265–278.
20. ISO 10390:2021. *Soil quality - Determination of pH*. – Geneva: ISO, 2021. – 8 p.
21. Eshel G., Levy G.J., Mingelgrin U., Singer M.J. Laser diffraction for particle-size analysis // *Soil Science Society of America Journal*. – 2004. – Vol. 68, № 3. – P. 736–743.
22. US EPA Method 6020B. *Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry*. – Washington: US EPA, 2014. – 45 p.
23. Moore D.M., & Reynolds R.C. *X-ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals*. – Oxford: Oxford University Press, 1997. – 400 p.
24. Kent M. *Vegetation Description and Data Analysis*. – London: Wiley-Blackwell, 2011. – 432 p.
25. ESRI. *ArcGIS Desktop: Release 10.8*. – Redlands: ESRI, 2020. – 120 p.
26. Phillips S.J., Anderson R.P., Schapire R.E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions // *Ecological Modelling*. – 2006. – Vol. 190, № 3–4. – P. 231–259.
27. Fielding A.H., Bell J.F. A review of methods for the assessment of prediction errors // *Environmental Conservation*. – 1997. – Vol. 24, № 1. – P. 38–49.
28. R Core Team. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. – Vienna: R Foundation, 2023. – 3500 p.
29. Breiman, L. Random forests // *Machine Learning*. – 2001. – Vol. 45, № 1. – P. 5–32.
30. Sagheb-Talebi K., Pourhashemi M., Sajedi T. *Forests of Iran: A Treasure from the Past, a Hope for the Future*. – Berlin: Springer, 2014. – 300 p.

31. Pourmajidian, M.R., Fallah, A., & Hosseini, S.A. Ecological characteristics of *Gleditsia caspica* in Hyrcanian forests // Journal of Forest Science. – 2015. – Vol. 61, № 4. - P. 155-163.

32. Kooch Y., Hosseini, S.M., Scharenbroch B.C. Soil quality assessment in relation to tree species in Hyrcanian Forest // Forest Ecology and Management. - 2018. - Vol. 427. - P. 67-79.

33. Khormali, F., Ghorbani, R., & Bostani, A. Micromorphology and clay mineralogy of forest soils in Hyrcanian region // Caspian Journal of Environmental Sciences. – 2019. - Vol. 17, № 2. – P. 125-138.

34. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. – Boca Raton: CRC Press, 2011. – 548 p.

ТҮЙІН

Т. Ахадов^{1*}

ТЕМІР АҒАШЫН (*PARROTIA PERSICA*) ЖӘНЕ КАСПИЙ КАРОБЫН
(*GLEDITSIA CASPICA*) ҚОЛДАЙТЫН ЛЯНКАРАН-АСТАРА ТАУ ОРМАНДЫ
ТОПЫРАҚТАРЫНЫҢ АГРОХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ МЕН ҚҰНАРЛЫ ӘЛЕУЕТІ

¹Әзірбайжан Республикасы Ғылым және білім министрлігінің География институты, АЗ 1000, Баку, Хатаин ауданы, Ильгар Зульфугаров көшесі, 23,
Әзірбайжан,* e-mail: Ehedov-tural@mail.ru

Бұл зерттеу реликті ағаштардың екі түрінің - Парротия персиялық (*Parrotia persica*) және Каспий гледичия (*Gleditsia caspica*) таралу заңдылықтары мен Ланкаран - Астара экономикалық аймағының таулы орман экожүйелеріндегі топырақ жағдайлары арасындағы байланысты зерттейді. Зерттеу 2022 және 2025 жылдар аралығында жүргізілді. 28 топырақ профилінен барлығы 112 топырақ үлгісі жиналып, жалпы органикалық көміртегі (ЖОК), FTIR спектроскопиясы, рН, бөлшектердің мөлшерінің таралуы (лазерлік дифракция), микроэлементтердің құрамы (ICP-MS) және саздың минералды құрамы (XRD) талданды. Нәтижелер *P. persica* өзінің максималды тығыздығына (410 ағаш/га) солтүстік беткейлерде 600-800 м биіктікте жетеді, ал *G. caspica* оңтүстік-шығыс беткейлерде 400-600 м биіктікте жоғары тығыздыққа (265 ағаш/га) жетеді. *P. persica* астында пайда болған таулы орман қоңыр топырақтарында қарашірік мөлшері жоғары (6,2%), ЖОК (4,2%) және аздап қышқыл рН (6,0), ал *G. caspica* астындағы тау орманының сары және қоңыр топырақтары сипатталады. Қарашіріктің орташа мөлшері (3,5%), ЖОК (2,4%) және бейтарап рН (6,5) бойынша. *P. persica* астындағы топырақтар Zn (54 мг/кг) және Cu (14,5 мг/кг), Ал *G. caspica* астындағы топырақтар байытылған. Құрамында Fe (5400 мг/кг) және Mn (400 мг/кг) жоғары концентрациясы бар. *P. persica* астындағы топырақтар органикалық егіншіліктің жоғары әлеуетін көрсетеді, ал *G. caspica* астындағы топырақтар бейтарап Рн-ға ие, бұл оларды дақылдардың кең ауқымына қолайлы етеді.

Түйінді сөздер: темір ағашы, Каспий гледичиясы, топырақ жағдайлары, агрохимия, топырақ құнарлылығы, микроэлементтер.

РЕЗЮМЕ

Т. Ахадов^{1*}АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ПОТЕНЦИАЛ ПЛОДОРОДНИЯ ГОРНО-ЛЕСНЫХ ПОЧВ ЛЯНКЯРАН-АСТАРА, ПОДДЕРЖИВАЮЩИХ ЖЕЛЕЗНОЕ ДЕРЕВО (*PARROTIA PERSICA*) И КАСПИЙСКОЕ РОЖКОВОЕ ДЕРЕВО (*GLEDITSIA CASPICA*)

¹Институт географии Министерства науки и образования Республики Азербайджан, АЗ 1000, Баку, Хатаинский район, ул. Ильгара Зульфугарова, 23, Азербайджан, * e-mail: ehedov-tural@mail.ru

В этом исследовании изучается взаимосвязь между особенностями распространения двух реликтовых видов деревьев – Парротия персидская (*Parrotia persica*) и Каспийской гледичия (*Gleditsia caspica*) и почвенными условиями в горных лесных экосистемах Ленкоранско-Астаринского экономического региона. Исследование проводилось в период с 2022 по 2025 год. В общей сложности из 28 почвенных профилей было отобрано 112 образцов почвы, которые были проанализированы на содержание общего органического углерода (ООУ), ИК-спектроскопию, pH, распределение частиц по размерам (лазерная дифракция), состав микроэлементов (ICP-MS) и глинисто-минеральный состав (XRD). Результаты показывают, что *P. persica* достигает своей максимальной плотности (410 деревьев/га) на северных склонах на высоте 600-800 м, в то время как *G. caspica* достигает более высокой плотности (265 деревьев/га) на юго-восточных склонах на высоте 400-600 м. Бурые почвы горных лесов, сформировавшиеся под *P. persica*, характеризуются более высоким содержанием гумуса (6,2%), ООУ (4,2%) и слабокислым pH (6,0), в то время как жёлтые и бурые почвы горных лесов под *G. caspica* характеризуются умеренным содержанием гумуса (3,5%), ООУ (2,4%) и нейтральными pH (6,5). Почвы под *P. persica* обогащены Zn (54 мг/кг) и Cu (14,5 мг/кг), в то время как почвы под *G. caspica* содержат более высокие концентрации Fe (5400 мг/кг) и Mn (400 мг/кг). Почвы под *P. persica* обладают высоким потенциалом для органического земледелия, в то время как почвы под *G. caspica* имеют нейтральный pH, что делает их пригодными для выращивания широкого спектра культур.

Ключевые слова: железное дерево, гледичия каспийская, почвенные условия, агрохимия, плодородие почв, микроэлементы.

AUTHOR INFORMATION

1. Akhadov Tural Kamal oglu - PhD student, <https://orcid.org/0009-0001-6277-7136>, e-mail: ehedov-tural@mail.ru

ИНФОРМАЦИЯ

Национальной академией аграрных наук Республики Казахстан и Казахским НИИ экономики агропромышленного комплекса и развития сельских территорий была организована и проведена Международная научно-практическая конференция на тему: *«Развитие аграрной науки и научного обеспечения АПК Казахстана: теория, методология, практика»*.

Конференция посвящена памяти известного ученого-экономиста, доктора экономических наук, профессора, ГАНИ АЛИМОВИЧА КАЛИЕВА - академика Национальной академии наук Республики Казахстан (НАН РК), Национальной академии аграрных наук (НААН РК), иностранного члена Российской академии наук (РАН), Украинской академии аграрных наук (УААН), заслуженного деятеля Казахстана в области науки и техники, организатора и первого Председателя социал-демократической партии «Ауыл», Депутата Верховного Совета КазССР 12 созыва и Мажилиса Парламента Республики Казахстан.

Национальной академией аграрных наук Республики Казахстан, отделением «Природные ресурсы и экология» 28 мая 2026 г. в Казахском научно-исследовательском институте почвоведения и агрохимии имени У.У. Успанова проведено Секционное заседание *«Устойчивое управление природными ресурсами и экологическая безопасность»*.

Торжественно открыл секционное заседание ЕСПОЛОВ Тлектес Исабаевич, Президент НААН РК, д.э.н., профессор, академик НАН РК, НААН РК. В работе секционного заседания приняли участие МАХАТОВ Болатхан Махатович, д.с.-х.н., профессор, Вице-Президент НААН РК; САПАРОВ Галымжан Абдуллаевич, к.с.-х.н., зав. отдела экологии почв, член-корреспондент, заместитель Председателя отделения; СУЛЕЙМЕНОВ Бейбут Уалиханович, д.с.-х.н., академик, главный научный сотрудник отдела агрохимии.

С приветствием к участникам секционного заседания выступили: РАМАЗАНОВА Раушан Хамзаевна, к.с.-х.н., доцент, Председатель Правления ТОО «Казахский НИИ почвоведения и агрохимии имени У.У.Успанова»; ИСБЕКОВ Куаныш Байболатович, д.б.н., профессор, академик, Председатель отделения, исполнительный директор ТОО «НПЦ центр рыбного хозяйства»; ДЖАЛИЛ Абдувайли, доктор, профессор, содиректор НИЦ экологии и окружающей среды ЦА (Алматы); БАЛГАБАЕВ Нұрлан Нұрмаханұлы, д.с.-х.н., академик; главный научный сотрудник ТОО «КазНИИВХ»; Директор Исполнительной Дирекции Международного Фонда спасения Арала в Республике Казахстан МУКАТАЕВ Серикалий Мухаметкаримович.

С докладом выступили: БАЛГАБАЕВ Н.Н., д.с.-х.н., академик, ТОО «КазНИИВХ»; КИРИЛЛОВ В.Ю., к.х.н., профессор, ТОО «КазНИИЛСА имени А.Н. Букейхана»; ДЖЕФЭЙ Мао, PhD, профессор, Синьцзянский институт экологии и географии Академии наук Китая; АМИРОВ Б.М., к.с.-х. наук, доцент, заведующий отделом агрохимии, ТОО «КазНИИПиА им. У.У.Успанова»; ТАҒАЕВ А.М., к.с.-х.н., заведующий отдела ТОО «СХОСХиБ»; САНАТ А.С., научный сотрудник «НЦНТ»; БАЛГАБАЕВ А.М., к.с.-х.н., академик, профессор кафедры «Почвоведение, агрохимия и экология» «КазНАИУ»; РЫСПЕКОВ Т.Р., к.с.-х.н., ассистент профессор, «КазНУ им. аль-Фараби» и другие.

В сборник материалов Международной научно-практической конференции *«Развитие аграрной науки и научного обеспечения АПК Казахстана: теория, методология, практика»* поступило 42 научные статьи ученых Азербайджана, Узбекистана, Кыргызстана, КНР и Казахстана.

Главный редактор

Б.У. Сулейменов

Редакционная коллегия:

Р.Х. Рамазанова (заместитель главного редактора),
М.А. Ибраева (ответственный секретарь),
Георг Гуггенбергер (Германия), А.В. Козлов (Россия),
М.Г. Мустафаев (Азербайджан), М.В. Филипова (Болгария),
Б.М. Амиров, Б.Н. Насиев, Г.А. Сапаров,
М.Т. Егізтай (компьютерная верстка)

Тираж 200 экз.

Индекс 74197

ISSN 1999-740X



9 771999 740000