



ISSN 1999-740X (Print)
ISSN 2959-3433 (Online)
№ 2 (70) ИЮНЬ 2025

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 (70) ИЮНЬ 2025

*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 (70) июнь 2025

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, пр. аль-Фараби, 75 В

СОДЕРЖАНИЕ

Экология почв

- Г.Р. Кекілбаева, А. Касипхан, Г.А. Звягин, А.К. Иман-Махмұтова, А.Ж. Назарова, А.С. Шойынбаева** Астана қаласындағы қатты қалдықтарды көму полигоны аймағындағы топырақтардың ауыр металдармен ластану деңгейін бағалау 5
- G.A. Sadyrova, B.E. Shimshikov, G.A. Mukanova, K.S. Orazbekova, T.A. Bazarbaeva, S.M. Jamilova, A.K. Tanybayeva** Influence of cattle grazing on soil degradation in mountain territories of the northern Tien Shan 18

Агрохимия

- В.М. Amirov, O.S. Kurmanakyn, C.O. Bazarbaev, O.S. Zhandybaev, A.T. Seitmenbetova, K.T. Tulepbergenova** Mathematical forecast of the effect of mineral fertilizers on cotton productivity on the gray soils of different salinity in conditions of Turkestan region 35
- O. Zhandybayev, B. Amirov, I. Bamatov** Integration of fertigation and digital technologies for sustainable apple production in semi-arid conditions 46
- Г.Т. Куньипияева, Р.К. Жапаев, С.С. Абаев, М.Ж. Аширбеков, Р.Ж. Кушанова, А.А. Жаппарова, Н.В. Малицкая, Б.Б. Доскенова** Влияние обработок почвы и норм внесения удобрений на повышение урожайности сортов озимой пшеницы 59
- А.Д. Малимбаева, Б.М. Амангалиев, Е.К. Жусупбеков, М. Батырбек, А.М. Солтанаева, А.М. Сагимбаева, К.У. Рустемова, Ж.О. Ошакбаева, Г.О. Баядилова** Влияние традиционных и инновационных удобрений на продуктивность льна масличного в условиях богары юго-востока Казахстана 72
- А.Э. Хидиров, А.Д. Малимбаева, Б.М. Амангалиев, Е.К. Жусупбеков, М.Б. Батырбек, А.М. Сагимбаева, К.У. Рустемова, А.М. Солтанаева, А.М. Шибикеева** Бор және мырыш микротыңайтқыштарының қант қызылшасы өнімділігіне әсері 89

CONTENT

Soil ecology

- G.R. Kekilbayeva, A. Kassipkhan, G.A. Zvyagin, A.K. Iman-Makhmutova, A.Zh. Nazarova, A.S. Shoiynbayeva** Assessment of soil contamination with heavy metals in the area of the municipal solid waste landfill in Astana.....5
- G. A. Sadyrova, B.E. Shimshikov, G.A. Mukanova, K.S. Orazbekova, T.A. Bazarbaeva, S.M. Jamilova, A.K. Tanybayeva** Influence of cattle grazing on soil degradation in mountain territories of the northern Tien Shan.....18

Agrochemistry

- B.M. Amirov, O.S. Kurmanakyn, C.O. Bazarbaev, O.S. Zhandybaev, A.T. Seitmenbetova, K.T. Tulepbergenova** Mathematical forecast of the effect of mineral fertilizers on cotton productivity on the gray soils of different salinity in conditions of Turkestan region.....35
- O. Zhandybayev, B. Amirov, I. Bamatov** Integration of fertigation and digital technologies for sustainable apple production in semi-arid conditions46
- G.T. Kunypiyaeva, R.K. Zhapaev, S.S. Abayev, M.ZH. Ashirbekov, R.Zh. Kushanova, A.A. Zhapparova, N.V. Malitskaya, B.B. Doskenova** The impact of soil treatments and fertilizer application rates on increasing the yield of winter wheat varieties in southeastern Kazakhstan.....59
- A.D. Malimbayeva, B.M. Amangaliev, E.K. Zhusupbekov, M. Batyrbek A.M. Soltanayeva, A.M. Sagimbayeva, K.U. Rustemova, Z.O. Oshakbayeva, G.O. Bayadilova** Influence of traditional and innovative fertilizers on the productivity of oil flax under drained conditions of southeast Kazakhstan72
- A.E. Khidirov, A.D. Malimbayeva, B.M. Amangaliev, E.K. Zhusupbekov, M.B. Batyrbek, A.M. Sagimbayeva, K.U. Rustemova, A.M. Soltanayeva, A.M. Shibikeyeva** Influence of boron and zinc microfertilizers on sugar beet productivity89

ЭКОЛОГИЯ ПОЧВ

MFTAP 87.21.00; 87.21.09

DOI: 10.51886/1999-740X_2025_2_5

Г.Р. Кекілбаева^{1*}, А. Касипхан^{2*}, Г.А. Звягин¹, А.К. Иман-Махмутова¹,А.Ж. Назарова², А.С. Шойынбаева²**АСТАНА ҚАЛАСЫНДАҒЫ ҚАТТЫ ҚАЛДЫҚТАРДЫ КӨМУ ПОЛИГОНЫ
АЙМАҒЫНДАҒЫ ТОПЫРАҚТАРДЫҢ АУЫР МЕТАЛДАРМЕН ЛАСТАНУ ДЕҢГЕЙІН
БАҒАЛАУ**

¹«С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті»
КеАҚ, 010000, Астана, Жеңіс даңғылы, 62, Қазақстан, *e-mail: kekilbaeva@mail.ru

²Агроэкологиялық сынақ орталығы (зертхана),

010000, Астана, Ы. Алтынсарин, 2, Қазақстан, *e-mail: scesco_katu@mail.ru

Аннотация. Мақала Астана қаласында орналасқан қатты қалдықтарды көму полигонының аумағында топырақтың ауыр металдармен ластану деңгейін анықтауға бағытталған. Зерттеу барысында Астана қаласының әкімшілік аумағында, Алаш тас жолының 6-шақырымында орналасқан «Эко Полигон Астана» ЖШС басқаратын тұрмыстық қатты қалдықтарды көму полигонына жақын іргелес аумақтардан алынған топырақ үлгілерінің химиялық құрамын талдау жүргізіліп, ауыр металдардың жылжымалы мөлшері мен олардың экологиялық қауіптілік дәрежесі бағаланды. Ауыр металдардың қауіптілігі бойынша 1- класқа жататын сынап, мырыш, мышьяк және 2 - класқа жататын мыс, никель, кобальт, сурьма, хром және қорғасынның жылжымалы мөлшері анықталды. Топырақтың ластану дәрежесі қауіптілік коэффициенті (K_o) және ластанудың жиынтық коэффициенті (Z_c) арқылы бағаланып, рұқсат етілген шекті рауал концентрациясымен салыстырылды. Зерттеу көрсеткендей, полигон аумағында және оған жақын аймақтарда ауыр металдардың мөлшері рұқсат етілген шекті рауал концентрациясынан асып, экологиялық қауіптілік деңгейі «қауіпті» және «қауіптілігі әлсіз» деп бағаланды. Зерттеу нәтижелері полигонның экологиялық әсерін, оның маңайындағы топырақтардың экологиялық жағдайын және қоршаған ортаға зиянды әсерін бағалауға мүмкіндік береді.

Түйінді сөздер: күңгірт қара-қоңыр топырақ, ауыр металдар, топырақтың ластануы, қауіптілік коэффициенті, тұрмыстық қатты қалдықтар, экологиялық қауіптілік.

КІРІСПЕ

Тұрмыстық қатты қалдықтарды (ТҚҚ) көму алаңы техногендік геоэкологиялық жүйе болып табылады, оның экологиялық әсері көптеген компоненттерге, соның ішінде гидрогеологиялық, биологиялық, атмосфералық және топырақтық жүйелерге теріс ықпал етеді. Қатты тұрмыстық қалдықтар анаэробты жағдайда ыдырағанда, олар токсинді газдар мен химиялық қосылыстар бөледі, бұл қосылыстар жаңбыр немесе еріген қар суы, желдің әсерінен топыраққа және ауаға тарайды. Тұрмыстық қатты қалдықтар полигондарының топырақ жамылғысына әсер ететін экологиялық қауіптерінің

бірі – ауыр металдармен ластану ықтималдығы. Тұрмыстық қалдықтардың құрамында металл компоненттері бар бұйымдардың кездесуі олардың сақталуы немесе өңделуі барысында ауыр металдардың топыраққа миграциясына алып келуі мүмкін [1].

Ауыр металдардың топырақта трансформациясы күрделі әрі көп факторлы үдеріс болып табылады. Бұл топырақтың физика-химиялық қасиеттеріне, биологиялық белсенділікке, сондай-ақ, сыртқы орта факторларына, мысалы, температура, ылғалдылық және рН деңгейіне байланысты өзгеріп отырады. Жоғары температура полигондағы химиялық реакцияларды жыл-

дамдатуы мүмкін, бұл ауыр металдардың ерігіштігі мен жылжымалылығын арттыруға әкеледі. Сонымен қатар қатты жауын-шашын немесе қардың еруі де ауыр металдардың жылжымалылығын артырып, олар қоршаған ортаға таралады. Органикалық және тамақ қалдықтары ауыр металдармен әрекеттесіп, күрделі қосылыстар түзе отырып, жылжымалылығын төмендетеді, дегенмен анаэробты орта ауыр металдардың жылжымалылығын қайта арттырады. Осы үдерістердің нәтижесінде қорғасын, кадмий, сынап сияқты ауыр металдар топырақ арқылы жер асты суларына өтіп немесе атмосфераға тасымалдана отырып, қоршаған орта мен адам денсаулығына қауіп төндіреді [2-7].

1-ші және 2-ші қауіптілік класына жататын ауыр металдардың жылжымалы формаларының концентрациясын анықтау, олардың рұқсат етілген шекті концентрациялармен (РШК) салыстырылуы және топырақтағы ауыр металдармен ластанудың жалпы коэффициентін бағалау экологиялық мониторингтің негізгі міндеттері болып табылады [8-15].

Ауыр металдар топырақта абсорбция және адсорбция арқылы өзгерістерге ұшырайды, мұның нәтижесінде олардың жылжымалылығы мен қолжетімділігі төмендейді. Иондық алмасу үдерістері мен химиялық редукция және тотығу реакциялары ауыр металдардың ерігіштігі мен уыттылығын өзгертіп, олардың экологиялық қауіпін арттырады немесе төмендетеді. Сонымен қатар, ауыр металдар органикалық және бейорганикалық қосылыстармен кешендер түзеді, бұл олардың топырақта жиналуын немесе өсімдіктер мен микроорганизмдерге қолжетімді болуын қамтамасыз етеді. Осылайша, ауыр металдардың топырақтағы трансформациясы экожүйелердің тұрақтылығына, қоршаған ортаға және адам денсаулығына айтарлықтай әсер етуі мүмкін, сондықтан олардың монито-

рингі мен зерттелуі экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуде маңызды болып табылады. Осы себепті, ауыр металдардың концентрациясын бақылау мен бағалау қоршаған ортаның сапасын қамтамасыз ету үшін маңызды экологиялық міндет болып табылады [16-20].

Астана қаласында тұрмыстық қатты қалдықтардың (ТҚҚ) топырақ жамылғысына әсері экологиялық тұрғыдан өзекті мәселе болып табылады. Қала халқының артуымен бірге қалдықтар көлемі де өсуде, 2024 жылдың 11 айында полигоннан 390 мың тоннадан астам қалдық шығарылған, бұл шамамен 40 Эйфель мұнарасының массасына тең келеді [21]. Алайда, Астана қаласында ТҚҚ-ның топырақтың физика-химиялық қасиеттеріне әсері бойынша нақты зерттеулер аз. Жалпы алғанда, Қазақстанда қалдықтардың тек төрттен бірі сұрыпталып, қайта өңделеді [22], бұл қалдықтарды басқарудың қазіргі жүйелерінің тиімділігі жеткіліксіз екенін көрсетеді. Сонымен қатар, ғарыштық мониторинг деректеріне сәйкес, Астанада 414 ретсіз қоқыс тастайтын орын анықталған [23], бұл топырақ жағдайына қосымша теріс әсерін тигізуі мүмкін. ТҚҚ-ның топыраққа әсерін толық түсіну үшін қалдықтар әсер ететін аймақтардағы топырақтың химиялық құрамын, ластану деңгейін және биоалуантүрлілікті бағалауға бағытталған қосымша зерттеулер қажет.

МАТЕРИАЛДАР МЕН ӘДІСТЕР

Зерттеу нысаны – Астана қаласының әкімшілік аумағында, Алаш тас жолының 6-шақырымында орналасқан, жалпы ауданы 24 гектарды құрайтын «Эко Полигон Астана» ЖШС басқаратын тұрмыстық қатты қалдықтарды көму полигонына іргелес жатқан аумақ топырағы. Эко Полигон 2 үлкен сектордан тұрады, әр сектор 12 га аумақты алып жатыр.

Зерттеудің мақсаты – тұрмыстық қатты қалдықтардың, полигонға жақын маңдағы топырақтың ауыр металдар-

мен ластану дәрежесін анықтау. Бұл мақсатқа жету үшін оңтүстік-батыс жел бағытын ескере отырып үш нүктеден конверт әдісімен араластыру арқылы топырақ үлгілері 0-дан 100 см тереңдік аралығында алынды:

1. Эко Полигон аумағы ($51^{\circ}9'55''N/71^{\circ}32'29''E$).

2. Эко Полигоннан 250 м қашықтықта ($51^{\circ}13'0''N/71^{\circ}31'36''E$).

3. Эко Полигоннан 650 м қашықтықта ($51^{\circ}13'14''N/71^{\circ}31'35''E$).

Аймақ топырағы орташа құмбалшықты күңгірт қара-қоңыр топырақ. Топырақ үлгілерін талдауға дайындау 29269-91 МеМСТ сай жүргізілді. Ауыр металдар беткі 0-20 см, 20-50 см қабат аралығындағы топырақ үлгілерінде анықталынды. Топырақ үлгілерінен ауыр металдардың жылжымалы мөлшерін экстракциялау $0,5 \text{ моль/дм}^3$ азот қышқылы көмегімен жүргізілді. Дайын болған топырақ сүзінділері Agilent 4200 MP-AES микро-толқынды плазмалы атомдық-эмиссиялық спектрометрде талданды.

Ауыр металдардың қауіптілігі бойынша 1- класқа жататын сынап, мырыш, мышьяк және 2-класқа жататын мыс, никель, кобальт, сурьма, хром және қорғасынның жылжымалы мөлшері анықталды. Әр элемент 4 қайталанымда анықталып, бағалауда орташа көрсеткіші алынды.

Топырақ үлгілерінен анықталынған ауыр металдардың қауіптілік коэф-

фициенті $K_0 = C_1/\text{ШРК}$, Z_c ластанудың жиынтық коэффициенті $Z_c = \sum Z_{\text{оп}-(n-1)}$ теңдеуімен есептелінді [24-25].

Топырақтағы ауыр металдар мөлшерінің экологиялық қауіптілік деңгейін бағалау, анықталынған нақты мөлшерін рұқсат етілген шекті рауал концентрациясымен салыстыра отырып есептелінді. Анықталған ауыр металдардың қауіптілік коэффициентін анықтау үшін, 1-теңдеуде ШРК-ның келесі мөлшері қолданылды: Hg - 2,1; Zn - 23,0; As - 2,0; Pb - 32,0; Sb-4,5; Ni - 4; Cr - 6; Cu - 3,0; Co - 5 мг/кг [26, 27].

$$K_0 = C_1/\text{ШРК} \quad (1)$$

Мұнда, C_i - мг/кг топырақтағы ауыр металл мөлшері, ШРК - ауыр металдардың мг/кг түрінде рұқсат етілген шекті мөлшері.

Зерттеу жүргізілген аймақ топырақ үлгілерінен ауыр металдардың геохимиялық жылжу дәрежесін бағалау үшін ластанудың жиынтық коэффициенті Z_c мынадай теңдеу бойынша есептелінді:

$$Z_c = \sum Z_{\text{оп}-(n-1)} \quad (2)$$

Мұнда, Z_c - үлгілердегі ауыр металмен ластануының жиынтық коэффициенті, K_0 - ауыр металдар сынамасында анықталатын қауіптілік коэффициенттері.

Ауыр металдардың жылжымалы мөлшері, сонымен қатар, қауіптілік коэффициенттері есептелініп, анықталған ластану дәрежесі 1-кестеге сай бағаланды.

Кесте 1 - Топырақтың ластану категориясы

Топырақтың ластану категориясы	(Z_c) шамасы
Рұқсат етілген	< 16
Қауіптілігі әлсіз	16-32
Қауіпті	32-128
Өте қауіпті	>128

НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ

Зерттеу нысанынан алынған топырақ үлгілерінен қауіптілігі бойынша 1- класс және 2-класқа жататын ауыр металдардың жылжымалы мөлшері анықталып, ластану деңгейі бағаланды (2, 3 кесте).

Жер қыртысында кездесетін мөлшері бойынша сынап сирек элемент болғанымен, қоршаған ортаны ең қатты ластайтын металдардың бірі болып табылады. Көптеген мемлекеттерде ол өте қауіпті деген химиялық заттардың тізіміне енгізілген. Негізгі сынаптың топыраққа түсу көзі – түсті металлургия кәсіпорындарының жұмысы, сондай-ақ, саңырауқұлақ ауруларына қарсы қолданылатын фунгицидтерді пайдалану болып табылады. Ал қоқыс полигондарында сынап мөлшерінің жоғары болуы, тұрмыста сынапты қамтитын бұйымдар мен құрылғылар кеңінен қолданылады, олар пайдалану мерзімі аяқталғаннан кейін жиі қоқыс жәшігіне тасталуымен байланысты. Талдау барысында полигон аймағы топрақтарының сынаппен қатты ластанбағандығы анықталды. Дегенмен, зерттеу жүргізілген топырақ үлгілерінде сынап тек Эко Полигоннан 650 м қашықтықтың 20-50 см қабат тереңдігінде 7,70 мг/кг шамасында анықталды, яғни ШРК-дан 5,6 мг/кг артық, қауіптілік коэффициенті 3,7.

Қазіргі кезеңде топырақтың мырыш элементімен ластануы маңызды экологиялық проблемалардың бірі ретінде қарастырылуда. Бұл элементпен ластану табиғи және антропогендік көздерден туындауы мүмкін, алайда ол көбінесе адамның өндірістік-шаруашылық қызметінің нәтижесінде орын алады. Талдау жүргізілген барлық топырақ үлгілерінде мырыштың ШРК-дан айтарлықтай жоғары көрсеткіші анықталғандығын атап өткен жөн. Мырыштың жылжымалы мөлшері Эко

Полигон аумағының 0-20 см тереңдігінде 250,53 мг/кг құрап, қауіптілік коэффициенті 10,89 болса, 0-50 см тереңдікте бұл көрсеткіш 166,98 мг/кг тең болып, 7,26 шамасында екендігі анықталды. Эко Полигоннан 250 м қашықтықта алынған топырақ үлгілерінің 0-20 см тереңдігінде мырыштың ең жоғары мөлшері анықталып 608,97 мг/кг құраса, қауіптілік коэффициенті 26,48 тең болды, ал 0-50 см тереңдікте сәйкесінше 376,18 мг/кг болып, коэффициент 16,35 құрады. Эко Полигон аумағынан қарағанда одан 250 м қашықтық аумағында мырыш көрсеткішінің шамамен 2,5 есеге жоғары болуын, жел соғу бағытымен, сонымен қатар желмен бірге топырақ түйіршіктерінің жылжуымен түсіндіруге болады. Ал Эко Полигоннан 650 м қашықтықтағы топырақ үлгілерінің 0-20 см қабатындағы мырыштың мөлшері 179,77 мг/кг болып, қауіптілік коэффициенті 7,81 тең болса, 0-50 см тереңдікте бұл көрсеткіш 293,76 мг/кг дейін артып, коэффициент 12,77 құрады. Яғни Эко Полигон аумағы және оған жақын орналасқан аумақтың топырақ жамылғысында мырыштың мөлшері ШРК-дан кем дегенде 8,5 есеге артық.

Мышьяқтың барлық қосылыстары жоғары деңгейде токсикологиялық қауіптілікке ие. Аталған элементтің биологиялық қауіптілігі оның құнарлы топырақтың жыртылатын қабатында 60 см тереңдікке дейін аккумуляциялануы және тірі организмдердің тіңдерінде биоаккумуляциялану қабілетіне байланысты арта түсетіндігінде. Зерттеу нәтижесі бойынша жылжымалы мышьяқтың мөлшері 29,40 мг/кг болып, қауіптілік коэффициенті Эко Полигон аумағының 0-20 см қабатында 14,7 болса, ал 0-50 см қабатында оның мөлшері 7,56 мг/кг болып, коэффициент 3,8 тең екендігі анықталды. Эко Полигоннан 250 м қашықтықтан алынған топырақ үлгісінің 0-20 см қаба-

тында мышьяқтың жылжымалы мөлшері полигон аумағымен салыстырғанда 9,5 мг/кг төмен болып, қауіптілік коэффициенті 10,5 құрады. Ал 0-50 см қабатында бұл көрсеткіш 15,1 мг/кг жоғары болып, қауіптілік коэффициенті 11,3 шамасын көрсетті. Айта кетерлік жайт, Эко Полигоннан 650 м қашықтықтан алынған топырақ үлгісінің 0-20 см қабатында мышьяк мүлде анықталған жоқ, есесіне 20-50 см тереңдікте мышьяқтың жылжымалы мөлшері 24,49 мг/кг құрап, қауіптілік коэффициенті 12,3 тең екендігі анықталды.

Егер топырақтың 5 см-ге дейінгі тереңдік қабатында қорғасын мысқа, молибденге, темірге, никель мен хромға қарағанда әлдеқайда қарқынды жиналатындығын ескерер болсақ, бұл өте қауіпті жағдай, себебі осы элементтердің ішінде ең зияндысы — қорғасын. Алайда біздің зерттеулерде, талдау жүргізілген топырақ үлгілерінде анықталған қорғасынның мөлшері ШРК-дан аспайтындығын атап өткен жөн. Дегенмен Эко Полигон аумағы мен одан 650 м қашықтықтан алынған топырақ үлгілерінің беткі қабатындағы қорғасын мөлшерінің бір шамада екендігі анықталды. Ал Эко Полигоннан 250 м қашықтықта алынған топырақ үлгісінің беткі қабатындағы қорғасын мөлшері, жоғарыда аталған екі нұсқадан шамамен 3 есеге төмен екендігін байқауға болады.

ТМД мемлекеттері арасында қолданылатын ауыр металдардың жіктелу класында сурьма қауіптілігі бойынша 2 класқа жатқызылады, алайда қазіргі заманғы экотоксикологиялық деректерге сәйкес, Нидерланд экологтарының мәліметтері бойынша, топырақтағы ең қауіпті ауыр металдар мен металлоидтар ішінде алғашқы орында сурьма элементі келтірілген [28]. Зерттеу жұмыстарының нәтижесі бойынша, топырақтағы сурьманың жылжымалы мөлшерінің орташа есеппен, полигон аумағының төменгі қабатын ескерме-

генде, ШРК-дан аспағандығын байқауға болады. Сурьманың ең жоғары мөлшері Эко Полигон аумағының 20-50 см тереңдігіндегі 7,09 мг/кг құрап, қауіптілік коэффициенті 1,5 болса, Эко Полигоннан 250 м қашықтықтан алынған топырақ үлгісінде сурьманың жылжымалы мөлшері анықталмады.

Никель қоршаған табиғи ортаның басым антропогенді ластаушы компоненттерінің бірі ретінде қарастырылғандығымен, Эко полигон аумағы мен оған жақын орналасқан аумақтарда никельдің топырақтағы жылжымалы мөлшері зерттеу жүргізілген топырақ үлгілерінде ШРК-дан аспағандығын айқын атап өткен жөн. Тек Эко Полигоннан 650 м қашықтықтан алынған топырақтың беткі 0-20 см қабатында болмашы артқаны байқалды (0,92 мг/кг).

Жоғарыда атап өткен сурьма секілді, хром да қазіргі заманғы экотоксикологиялық деректерге сәйкес қауіптілігі өте жоғары металдар қатарына жатқызылатындығын ескерсек, біз зерттеу жүргізген барлық топырақ үлгілерінде жылжымалы хромның ШРК-дан мөлшерінің айтарлықтай жоғары екендігі ерекше атап өткен жөн. Әсіресе, Эко Полигоннан 250 м қашықтықтан алынған топырақ үлгілерінде Эко Полигон аумағынан алынған топырақ үлгілерімен салыстырғанда шамамен 4 есеге жоғары. Эко Полигон аумағының беткі қабатында анықталған хромның мөлшері 11,30 мг/кг құрап, қауіптілік коэффициенті 1,9 болса, ал 0-50 см қабатындағы мөлшері 9,36 мг/кг болып, коэффициент 1,56 тең боды. Жылжымалы хромның ең жоғары мөлшері Эко Полигоннан 250 м қашықтықтан алынған топырақ үлгілерінде анықталды, нақтырақ айтар болсақ, беткі қабатында хромның мөлшері 46,51 мг/кг болып, қауіптілік коэффициенті 7,75 тең болса, 0-50 см қабатында оның мөлшері 30,59 мг/кг құрап, қауіптілік коэффициенті 5,1 тең. Эко

Полигоннан 650 м қашықтықтың 0-20 см қабатында хромның мөлшері 13,36 мг/кг болып, қауіптілік коэффициенті 2,2 болғанымен, 0-50 см тереңдікте бұл көрсеткіш ШРК-дан аспайды.

Мыс уыттылығы аз элементтер қатарына жатқызылғанмен, егер топырақта шамадан тыс көп болатын болса адам ағзасы мен өсімдіктерге өте зиянды болып келеді. Эко Полигон аумағының 0-20 см қабатында жылжымалы мыстың мөлшері ШРК-дан небары 0,6 мг/кг, ал 0-50 см қабатында 1,32 мг/кг шамасында жоғары екендігі анықталды. Ал Эко Полигоннан 250 м қашықтықтағы жылжымалы мыстың ШРК-дан айтарлықтай жоғары екендігін айқын байқауға болады, нақтырақ айтар болсақ, беткі қабатында оның мөлшері 5,38 мг/кг құрап, қауіптілік коэффициенті 1,8 тең болса, ал төменгі қабатында бұл көрсеткіштер 13,86 мг/кг мен 4,62 тең болды. Зерттеу жұмысы барысында Эко Полигоннан 650 м қашықтықтың 0-20 см қабатында жылжымалы мыстың полигон аумағындағы көрсеткіш деңгейінде екендігі анық-

талса, төменгі қабатында ШРК-дан айтарлықтай төмен деңгейде.

Кейбір ауыр металдар уытты қасиеттерге ие бола отырып, сонымен қатар биофильді функцияларды да атқарады. Осындай металдардың бірі — кобальт, ол жануарлар мен өсімдіктер организмдеріндегі биохимиялық үдерістерге қатысады. Зерттеу жұмысы жүргізілген Эко Полигон аумағының беткі және төменгі қабатындағы жылжымалы кобальттың мөлшері ШРК мөлшерінен аспағанмен одан тыс аумақтарда оның мөлшері біршама жоғары. Нақтырақ айтар болсақ, Эко Полигоннан 250 м қашықтықтың беткі қабатындағы кобальт мөлшері 7,55 мг/кг құрап, қауіптілік коэффициенті 1,5 тең, төменгі қабатында бұл көрсеткіштер 8,40 мг/кг мен 1,7 тең. Эко Полигоннан 650 м қашықтықтан алынған топырақ үлгілеріндегі жылжымалы кобальттың мөлшері 6,68 мг/кг сай келіп, қауіптілік коэффициенті 0-20 см қабатында 1,3 болса, ал 0-50 см қабатында ШРК-дан аспағандығы анықталды.

Кесте 2 - Ауыр металдардың жылжымалы мөлшері, мг/кг

Топырақ тереңдігі, см	Hg	Zn	As	Pb	Sb	Ni	Cr	Cu	Co
	1-класс				2-класс				
Эко Полигон аумағы									
0-20	-	250,53	29,40	3,09	3,26	1,45	11,30	3,60	3,76
20-50	-	166,98	7,56	1,35	7,09	0,95	9,36	4,32	2,75
Эко Полигоннан 250 м қашықтықта									
0-20	-	608,97	20,90	1,02	-	2,64	46,51	5,38	7,55
20-50	-	376,18	22,66	3,64	-	1,83	30,59	13,86	8,40
Эко Полигоннан 650 м қашықтықта									
0-20	-	179,77	-	3,57	-	4,92	13,36	5,92	6,68
20-50	7,70	293,76	24,49	0,02	3,83	3,74	3,99	1,95	3,24
ШРК	2,1	23,0	2,0	32,0	4,5	4,0	6,0	3,0	5,0
Ескерту: талдау барысында анықталмады									

Кесте 3 - Ауыр металдардың қауіптілік коэффициенті (K_0) мен химиялық ластанудың жиынтық көрсеткіші (Z_c) және ластану деңгейі

Топырақ тереңдігі, см	Hg	Zn	As	Pb	Sb	Ni	Cr	Cu	Co	Zc	Ластану деңгейі
	1-класс				2-класс						
Эко Полигон аумағы											
0-20	-	10,89	14,70	0,10	0,72	0,36	1,88	1,22	0,75	30,6	қауіптілігі әлсіз
20-50	-	7,26	3,78	0,04	1,58	0,23	1,56	1,44	0,55	16,4	рұқсат етілген
Эко Полигоннан 250 м қашықтықта											
0-20	-	26,48	10,45	0,03	-	0,66	7,75	1,79	1,51	87,4	қауіпті
20-50	-	16,35	11,33	0,11	-	0,46	5,10	4,62	1,68	65,1	қауіпті
Эко Полигоннан 650 м қашықтықта											
0-20	-	7,81	-	0,11	-	1,23	2,22	1,97	1,34	25,8	қауіптілігі әлсіз
20-50	3,67	12,77	12,25	0,001	0,85	0,53	0,67	0,65	0,65	31,7	қауіптілігі әлсіз
Ескерту: талдау барысында анықталмады											

Топырақтағы ауыр металдардың мөлшері ШРК артқан сайын және қауіптілік коэффициенттері (K_0) мәні 1 жоғары болған сайын топырақтың ластану қауіптілік дәрежесі де артады. Анықталынған мәліметтер бойынша сынап, мырыш, мышьяк, хром, мыс, кобальт мөлшерінің қауіптілік коэффициенттері (K_0) жоғары, ал қорғасын мен никельдің қауіптілік коэффициенттері (K_0) төмен болды. Атап айтар болсақ ең жоғары қауіптілік коэффициенті мырыш, хром және мышьяк элементтерінде анықталды.

Талдау жүргізілген үш аумақтың ішінде химиялық ластанудың жиынтық көрсеткіші (Z_c) деңгейі бойынша, Эко Полигоннан 250 м қашықтығының беткі және төменгі қабаттары қауіпті деп бағаланса, Эко Полигон аумағы мен одан 650 м қашықтықтың беткі қабаттары қауіптілігі әлсіз деп бағаланды. Полигон аумағы мен оған жақын жатқан аумақтардың химиялық ластану деңгейінің әр түрлігіне көптеген фак-

торлар әсер етеді, соның ішінде бірінші кезекте соққан жел бағытымен байланыстыруға болады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Зерттеу нәтижелері бойынша, Эко Полигон аумағындағы топырақтар ауыр металдармен ластанған және бұл ластану деңгейі әртүрлі қауіптілік дәрежесіне ие. Топырақтағы сынаптың мөлшері, әсіресе 0-50 см тереңдікте, шекті рауал концентрациясынан асып, экологиялық қауіп туғызады. Мырыштың жылжымалы мөлшері де жоғары деңгейде байқалып, полигон маңы мен жақын аймақтарда оның концентрациясы ШРК шегінен бірнеше есе асып кеткен. Мышьяқтың жылжымалы мөлшері барлық зерттелген аумақтарда ШРК деңгейінен 10 есе көп болғандығы экологиялық қауіптіліктің жоғары екенін көрсетеді.

Қорғасынның жылжымалы мөлшері экологиялық қауіп тудырмайтын деңгейде болса да, оның топырақта шөгетін қасиетін ескере отырып, оны

бақылаудың маңыздылығы артады. Сурьма мен никельдің мөлшері ШРК деңгейінен аспаса да, олардың жылжымалы мөлшері белгілі бір аумақтарда жоғарыланған, бұл да экологиялық мониторингті талап етеді. Хром мен мыстың концентрациясы полигон маңында және 250 м қашықтықтағы аймақта ШРК деңгейінен асып, экологиялық қауіптің артуына себеп болды.

Зерттеу нәтижелеріне сәйкес, Эко Полигон аумағындағы топырақтардың ауыр металдармен ластануы келесідей қауіптілік дәрежелерінде бағаланды: Эко Полигон аумағынан алынған топырақ үлгілерінде ауыр металдардың жылжымалы мөлшеріне негізделген ластану деңгейі — қауіптілігі әлсіз. Бұл топырақта ауыр металдардың концентрациясы әлі де болса экологиялық қауіп тудырмайды, бірақ ұзақ уақыт кезеңінде бақылауды қажет етеді. Эко Полигоннан 250 м қашықтықтағы аймақ топырақтарының ластану деңгейі «қауіпті», себебі ауыр металдардың концентрациясы ШРК деңгейінен жоғары болған, нәтижесінде бұл аймақта экологиялық қауіптілік айтарлықтай артқан.

Эко Полигоннан 650 м қашықтықтағы аймақ топырағының ластану деңгейі «қауіптілігі әлсіз» болып бағаланды, бірақ бұл нәтижелер кейбір металдардың концентрациясының ШРК деңгейіне жақындағанын көрсетеді.

Жалпы, Эко Полигон маңындағы топырақтың ауыр металдармен ластануының қауіптілік дәрежесі өзгермелі екендігін, 250 м қашықтықтағы аймақта экологиялық қауіп жоғары болатындығын көрсетті. Бұл зерттеу қоршаған ортаның тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін экологиялық мониторингті жіте қадағалауды одан әрі жалғастыру қажеттілігін растайды.

Қорытындылай келгенде, зерттеу нәтижелері Эко Полигон маңындағы топырақтың ауыр металдармен ластануының айтарлықтай деңгейде екенін және бұл ластанудың экологиялық қауіптілік дәрежесінің өзгеру мүмкіндігін көрсетеді. Полигон маңы мен жақын аймақтарда экологиялық қауіптілік жоғары болғандықтан, ұзақ мерзімді экологиялық мониторинг жүргізу, ластану деңгейін бақылау және алдын алу шараларын қабылдау қажет.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Водяницкий Ю.Н., Ладонин Д.В., Савичев А.Т. Загрязнение почв тяжелыми металлами. – М.: 2012. – С. 135–157.
2. Vigneswaran, S., et al. Impact of landfill leachate on groundwater quality: A case study in Sri Lanka// *Environmental Pollution*. – 2017. – Vol. 221. – P. 56–63.
3. Barton, J. R., et al. Landfill gas and leachate management: Environmental implications of solid waste disposal// *Journal of Environmental Management*. – 2020. – Vol. 261. – P. 110177.
4. Thompson, R. M., et al. Environmental impacts of solid waste disposal: A review of key issues// *Environmental Science & Technology*. – 2009. – Vol. 43. – № 17. – P. 7039–7051.
5. Christensen, T. H., et al. Landfilling of waste: A review of environmental impacts// *Waste Management & Research*. – 2001. – Vol. 19, № 5. – P. 401–411.
6. Alloway, B. J. Heavy metals in soils: Trace metals and metalloids in soils and their bioavailability. – 4th ed. – 2018. – P. 25–120.
7. Kabata-Pendias, A. Trace elements in soils and plants. – 5th ed. – CRC Press, 2016. – P. 150–205.
8. Павлов П.Д., Решетников М.В., Ерёмин В.Н. Состояние почвенного покрова в зоне влияния полигона твердых бытовых отходов (на примере Александровского полигона г. Саратова)// *Аграрный научный журнал*. – 2014. – № 11. – С. 34–38.

9. Габдрахманов А.И., Шамсутдинова Л.Р., Белан Л.Н., Зверева Т.И., Шепелевич И.С. Оценка загрязнения почвы металлами на территории полигона «Цветаевский» и свалки «Михайловская» в Республике Башкортостан// Вестник Башкирского университета. – 2017. – Т. 22. - № 1. – С. 93–97.
10. Ibanez J. J. The future of soil science / Ed. A. E. Hartemink. – Wageningen: IUSS, 2006. – P. 60–62.
11. Belan L. N., Akbalina Z. F., Zvereva T. I., Valiullina A. U., Koroleva A. V.// BEV. – 2013. – № 3–4. – P. 36–37.
12. Jin, X., Liu, X. Risk assessment of leachate migration from landfills and its environmental implications// Science of the Total Environment. – 2019. – Vol. 660. – P.826–834.
13. Zhou, X., et al. Assessment of heavy metal contamination in soils around a mining area and the risk to human health: A case study in Guizhou Province, China// Science of the Total Environment. – 2020. – Vol. 711. – P. 135147.
14. Li, X., et al. Heavy metal contamination in agricultural soils and associated human health risks in a typical industrial city, China// Environmental Pollution. – 2019. – Vol. 246. – P. 288–295.
15. Wang, L., et al. Heavy metal contamination in soils and human health risk assessment around urban industrial areas in the Yangtze River Delta, China// Environmental Monitoring and Assessment. – 2021. – Vol. 193. - № 4. – P. 157.
16. Zhang, L., et al. Transformation of heavy metals in soils and their bioavailability: A review // Environmental Science and Pollution Research. – 2017. – Vol. 24. - № 17. – P. 14058–14070.
17. Fang, M., et al. Transformation and bioavailability of heavy metals in contaminated soils and their risk assessment in an industrial area// Journal of Hazardous Materials. – 2018. – Vol. 357. – P. 132–142.
18. Kong, L., et al. Transformation and mobility of heavy metals in contaminated soils: Effect of pH and organic matter// Environmental Pollution. – 2019. – Vol. 254. – P. 113054.
19. Li, Y., et al. Biotransformation of mercury and its environmental risk in soils// Science of the Total Environment. – 2020. – Vol. 706. – P. 135608.
20. Yang, Z., et al. Heavy metals in soils and their transformations in agricultural ecosystems: A review// Environmental Pollution. – 2021. – Vol. 274. – P. 115892.
21. [Электронный ресурс]: Рост отходов в Астане: масштабные проблемы утилизации. Режим доступа: https://tengrinews.kz/kazakhstan_news/okolo-40-eyfelevyih-bashen-skolko-musora-nakopilos-v-astane-556319/?utm_source, свободный.
22. [Электронный ресурс]: В Казахстане сортируется и перерабатывается лишь четверть твёрдых бытовых отходов. Режим доступа: https://mk-kz.kz/economics/2023/05/10/v-kazakhstane-sortiruetsya-i-pererabatyvaetsya-lish-chetvertvyordyk-bytovykh-otkhodov.html?utm_source, свободный.
23. [Электронный ресурс]: Космический мониторинг стихийных свалок по Астане завершён. Режим доступа: https://www.gov.kz/memleket/entities/mdai/press/news/details/810962?lang=ru&utm_source, свободный.
24. Республика Казахстан. Министерство экологии, геологии и природных ресурсов. Приказ и.о. Министра от 13 августа 2021 года, № 327. Об утверждении критериев оценки экологической обстановки территорий.
25. Кекілбаева Г.Р. Шайқорық елді мекенінің шалғынды боз топырағының ауыр металдармен ластану дәрежесін бағалау// С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университетінің Ғылым жаршысы. – 2021. – № 1. – Б. 82–90.

26. Об утверждении Гигиенических нормативов к безопасности среды обитания: Приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан от 21 апреля 2021 года № ҚР ДСМ-32. – Зарегистрирован в Министерстве юстиции РК 22.04.2021, № 22595.

27. Павличенко Л.М., Есполаева А.Р., Изтаева А.М. Содержание тяжелых металлов в почве «Мангистауской области»// Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 2 (часть 1). – С. 53–58.

28. Водяницкий Ю.Н. Об опасных тяжелых металлах/металлоидах в почвах// Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. – 2011. – Вып. 68. – С. 56–82.

REFERENCES

1. Vodyanitsky Yu.N., Ladonin D.V., Savichev A.T. Zagryazneniye pochv tyazhelymi metallami. – M.: 2012. – S. 135–157.

2. Vigneswaran, S., et al. Impact of landfill leachate on groundwater quality: A case study in Sri Lanka// Environmental Pollution. – 2017. – Vol. 221. – P. 56–63.

3. Barton, J. R., et al. Landfill gas and leachate management: Environmental implications of solid waste disposal// Journal of Environmental Management. – 2020. – Vol. 261. – P. 110177.

4. Thompson, R. M., et al. Environmental impacts of solid waste disposal: A review of key issues// Environmental Science & Technology. – 2009. – Vol. 43. – № 17. – P. 7039–7051.

5. Christensen, T. H., et al. Landfilling of waste: A review of environmental impacts// Waste Management & Research. – 2001. – Vol. 19, № 5. – P. 401–411.

6. Alloway B. J. Heavy metals in soils: Trace metals and metalloids in soils and their bioavailability. – 4th ed. – 2018. – P. 25–120.

7. Kabata-Pendias, A. Trace elements in soils and plants. – 5th ed. – CRC Press, 2016. – P. 150–205.

8. Pavlov P.D., Reshetnikov M.V., Yeryomin V.N. Sostoyaniye pochvennogo pokrova v zone vliyaniya poligona tverdykh bytovykh otkhodov (na primere Aleksandrovskogo poligona g. Saratova)// Agrarny nauchny zhurnal. – 2014. – № 11. – S. 34–38.

9. Gabdrakhmanov A.I., Shamsutdinova L.R., Belan L.N., Zvereva T.I., Shepelevich I.S. Otsenka zagryazneniya pochvy metallami na territorii poligona «Tsvetayevsky» i svalki «Mikhaylovskaya» v Respublike Bashkortostan// Vestnik Bashkirskogo universiteta. – 2017. – T. 22. – № 1. – S. 93–97.

10. Ibanez J. J. The future of soil science / Ed. A. E. Hartemink. – Wageningen: IUSS, 2006. – P. 60–62.

11. Belan L. N., Akbalina Z. F., Zvereva T. I., Valiullina A. U., Koroleva A. V.// BEV. – 2013. – № 3–4. – P. 36–37.

12. Jin X., Liu, X. Risk assessment of leachate migration from landfills and its environmental implications// Science of the Total Environment. – 2019. – Vol. 660. – P. 826–834.

13. Zhou X., et al. Assessment of heavy metal contamination in soils around a mining area and the risk to human health: A case study in Guizhou Province, China// Science of the Total Environment. – 2020. – Vol. 711. – P. 135147.

14. Li X., et al. Heavy metal contamination in agricultural soils and associated human health risks in a typical industrial city, China// Environmental Pollution. – 2019. – Vol. 246. – P. 288–295.

15. Wang L., et al. Heavy metal contamination in soils and human health risk

assessment around urban industrial areas in the Yangtze River Delta, China// Environmental Monitoring and Assessment. – 2021. – Vol. 193. - № 4. – P. 157.

16. Zhang L., et al. Transformation of heavy metals in soils and their bioavailability: A review // Environmental Science and Pollution Research. – 2017. – Vol. 24. - № 17. – P. 14058–14070.

17. Fang M., et al. Transformation and bioavailability of heavy metals in contaminated soils and their risk assessment in an industrial area// Journal of Hazardous Materials. – 2018. – Vol. 357. – P. 132–142.

18. Kong L., et al. Transformation and mobility of heavy metals in contaminated soils: Effect of pH and organic matter// Environmental Pollution. – 2019. – Vol. 254. – P. 113054.

19. Li Y., et al. Biotransformation of mercury and its environmental risk in soils// Science of the Total Environment. – 2020. – Vol. 706. – P. 135608.

20. Yang Z., et al. Heavy metals in soils and their transformations in agricultural ecosystems: A review// Environmental Pollution. – 2021. – Vol. 274. – P. 115892.

21. [Elektronny resurs]: Rost otkhodov v Astane: masshtabnye problemy utilizatsii. Rezhim dostupa: https://tengrinews.kz/kazakhstan_news/okolo-40-eyfelevyih-bashen-skolko-musora-nakopilos-v-astane-556319/?utm_source,svobodnyj.

22. [Elektronny resurs]. V Kazakhstane sortiruyetsya i pererabatyvayetsya lish chetvert tvyordykh bytovykh otkhodov. Rezhim dostupa: https://mk-kz.kz/economics/2023/05/10/v-kazakhstane-sortiruetsya-i-pererabatyvaetsya-lish-chetvert-tvyordykh-bytovykh-otkhodov.html?utm_source,svobodnyj.

23. [Elektronny resurs]: Kosmichesky monitoring stikhynykh svalok po Astane zavershyon. Rezhim dostupa: https://www.gov.kz/memleket/entities/mdai/press/news/details/810962?lang=ru&utm_source,svobodnyj.

24. Respublika Kazakhstan. Ministerstvo ekologii, geologii i prirodnnykh resursov. Prikaz i.o. Ministra ot 13 avgusta 2021 goda, № 327. Ob utverzhdenii kriteriyev otsenki ekologicheskoy obstanovki territory.

25. Kekilbayeva G.R. Shaygoryq eldi mekeninin shalgyndy boz topyragnyn auyr metaldarmen lastanu darezhesin bagalau// S.Seyfullin atyndagy Qazaq agrotekhnikalgy universitetinin Gylm zharshysy. – 2021. – № 1. – B. 82–90.

26. Ob utverzhdenii Gigiyenicheskikh normativov k bezopasnosti sredy obitaniya: Prikaz Ministra zdravookhraneniya Respubliki Kazakhstan ot 21 aprelya 2021 goda № QR DSM-32. – Zaregistrirovan v Ministerstve yustitsii RK 22.04.2021, № 22595.

27. Pavlichenko L.M., Yespolayeva A.R., Iztayeva A.M. Soderzhaniye tyazhelykh metallov v pochve «Mangistauskoy oblasti»// Mezhdunarodny zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovany. – 2016. – № 2 (chast 1). – S. 53–58.

28. Vodyanitsky Yu.N. Ob opasnykh tyazhelykh metallakh/metalloridakh v pochvakh// Byulleten Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchayeva. – 2011. – Vyp. 68. – S. 56–82.

РЕЗЮМЕ

Г.Р. Кекілбаева^{1*}, А. Касипхан^{2*}, Г.А. Звягин¹, А.К. Иман-Махмудова¹, А.Ж. Назарова²,
А.С. Шойынбаева²

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ТЯЖЁЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ В ЗОНЕ
ПОЛИГОНА ЗАХОРОНЕНИЯ ТВЁРДЫХ ОТХОДОВ ГОРОДА АСТАНЫ

¹НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени
С. Сейфуллина», 010000, Астана, пр. Женис, 62, Казахстан,
*e-mail: kekilbaeva@mail.ru

²Агроэкологический испытательный центр (лаборатория),
010000, Астана, ул. Алтынсарина, 2, Казахстан, *e-mail: sceco_katu@mail.ru

Статья посвящена оценке уровня загрязнения почв тяжёлыми металлами на территории полигона захоронения твёрдых бытовых отходов, расположенного в городе Астана. В ходе исследования был проведён химический анализ почвенных образцов, отобранных с прилегающих участков, находящихся в административной зоне города Астана, в 6 км вдоль трассы Алаш, вблизи полигона, управляемого ТОО «Эко Полигон Астана». Были определены подвижные формы тяжёлых металлов и дана их экологическая классификация по степени опасности. Установлено присутствие подвижных форм ртути, цинка, мышьяка (I класс опасности), а также меди, никеля, кобальта, сурьмы, хрома и свинца (II класс опасности). Степень загрязнения почв оценивалась с использованием коэффициента опасности (Ko) и суммарного коэффициента загрязнения (Zc), с последующим сравнением с предельно допустимыми концентрациями. Результаты показали, что содержание тяжёлых металлов на территории полигона и в прилегающих зонах превышает допустимые уровни, а уровень экологической опасности классифицируется как «опасный» и «слабоопасный». Полученные данные позволяют дать комплексную оценку экологического воздействия полигона, состояния почв в окружающей среде и потенциального вреда для окружающей среды.

Ключевые слова: темно-каштановые почвы, тяжёлые металлы, загрязнение почв, коэффициент опасности, твёрдые бытовые отходы, экологическая опасность.

SUMMARY

G.R. Kekilbayeva^{1*}, A. Kassipkhan^{2*}, G.A. Zvyagin¹, A.K. Iman-Makhmutova¹,
A.Zh. Nazarova², A.S. Shoiynbayeva¹

ASSESSMENT OF SOIL CONTAMINATION WITH HEAVY METALS IN THE AREA OF THE
MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILL IN ASTANA

¹Kazakh Agrotechnical Research University named after S.Seifullin, 010000, Astana,
Zhenis Ave., 62, Kazakhstan, *e-mail: kekilbaeva@mail.ru

²Agroecological research center (laboratory),
010000, Astana, Altynsarina str., 2, Kazakhstan, *e-mail: sceco_katu@mail.ru

This article is devoted to assessing the level of soil contamination by heavy metals at the municipal solid waste landfill located in the city of Astana. During the study, chemical analysis was conducted on soil samples collected from adjacent areas within the administrative zone of Astana, 6 km along the Alash highway, near the landfill managed by LLP "Eco Polygon Astana". Mobile forms of heavy metals were identified and environmentally classified by their hazard levels. The presence of mobile forms of mercury, zinc, and arsenic (hazard class I), as well as copper, nickel, cobalt, antimony, chromium, and lead (hazard class II) was established. The degree of soil contamination was assessed using the hazard coefficient (Ko) and the total pollution coefficient (Zc), followed by comparison with the maximum permissible concentrations. The results showed that heavy metal concentrations in the landfill area and surrounding zones exceed acceptable

levels, with the environmental hazard level classified as "hazardous" and "slightly hazardous". The obtained data allow for a comprehensive assessment of the landfill's environmental impact, soil conditions in the surrounding environment, and the potential harm to nature.

Keywords: dark chestnut soils, heavy metals, soil contamination, hazard coefficient, municipal solid waste, environmental hazard.

АВТОРЛАР ТУРАЛЫ МӘЛІМЕТ

1. Кекілбаева Гулнур Рахманкызы – топырақтану және агрохимия кафедрасының қауымдастырылған профессор м.а., б.ғ.к., ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8817-9767>, e-mail: kekilbaeva@mail.ru

2. Касипхан Ақгул - агроэкологиялық сынақ орталығының (зертхана) меңгерушісі, PhD, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2342-8777>, e-mail: a.kasipkhan@kazatu.edu.kz

3. Звягин Григорий Александрович – топырақтану және агрохимия кафедрасының аға оқытушысы, PhD, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8779-5122>, e-mail: regor1984111@rambler.ru

4. Иман-Махмутова Айгерим Карасайевна – топырақтану және агрохимия кафедрасының магистранты, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-3242-5307>, e-mail: imanmakmutova@mail.ru

5. Назарова Айман Жадгеровна – агроэкологиялық сынақ орталығының (зертхана) ғылыми қызметкері, а.ш.ғ.м., ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2511-6099>, e-mail: nazar_aiman@mail.ru

6. Шойынбаева Айдана Сағатқызы – агроэкологиялық сынақ орталығының (зертхана) сапа жөніндегі менеджері, а.ш.ғ.м., ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4748-7253>, e-mail: shoiynbaevva@mail.ru

IRSTI 34.35.01; 68.05.01

DOI:10.51886/1999-740X_2025_2_18

**G. A. Sadyrova^{1*}, B.E. Shimshikov¹, G.A. Mukanova¹, K.S. Orazbekova²,
T.A. Bazarbaeva¹, S.M. Jamilova³, A.K. Tanybayeva¹**

**INFLUENCE OF CATTLE GRAZING ON SOIL DEGRADATION IN MOUNTAIN
TERRITORIES OF THE NORTHERN TIEN SHAN**

*¹JSC «Al-Farabi Kazakh National University», 050040, Almaty, al-Farabi ave., 71,
Kazakhstan, *e-mail: gulbanu-s@mail.ru*

*²Institute of Geography and Water Security, 050000, Almaty, Seifullin ave., 458/1,
Kazakhstan*

³Abay Kazakh National University, 050010, Almaty, Dostyk ave. 13, Kazakhstan

Abstract. The article discusses the results of studies on the degradation of soil and vegetation in the mountainous areas of Ile Alatau and the Uzynkara Range. The data of geobotanical studies of high-mountain and mid-mountain pastures of Ile Alatau and the Uzynkara Range showed the dominance of vegetation degradation over other processes. The soils of the mountainous areas are characterized by the thickness of the humus horizon, high gross humus content, large reserves of calcium and magnesium and a small phosphorus content. As our studies have shown, the thickness of the humus horizon of the studied soils is 40-60 cm, they are distinguished by a high fertility potential, but this potential is limited by such factors as soil trampling and the degree of pasture degradation. At the same time, with an increase in pasture degradation, there is a decrease in the humus layer, a decrease in the content of humus and nutrients in the soil. The assessment of plant communities as indicators of pasture degradation in the study area showed that due to excessive and unregulated grazing, the vegetation cover has been subjected to anthropogenic degradation. There is a transformation of the species composition of plants, a decrease in the productivity of pasture forages, soils, which in turn leads to a deterioration in the mechanical properties of soils: an increase in density in the 0-10 cm layer increases by 0.11%, valuable silt particles are washed away in the upper part of the profile, the content of water-stable aggregates and their water resistance decreases.

Keywords: degradation, pastures, soils, vegetation, pasture load.

INTRODUCTION

The problem of mountain pasture degradation in Kazakhstan is very urgent, it is caused by various factors, such as overgrazing, climate change, improper use of land, and disruption of pasture ecosystems. All this leads to a decrease in fertility, soil erosion, loss of organic matter, deterioration of soil structure and a decrease in its water-holding capacity, and loss of biodiversity. As is known, overgrazing can lead to the displacement of valuable forage plants by less resistant or inedible species, which worsens the quality of pastures, that is, reduces the species diversity of pastures, since some plant species disappear and others become dominant [1-5].

This also affects animals that depend on a variety of plants. In Kazakhstan, where pasture livestock farming plays a key role in the economy, the problems of overgrazing are particularly acute. Research in this area can help develop measures to restore pastures, improve the resilience of mountain ecosystems and ensure sustainable agriculture. Mountainous areas that have historically been used as pastures for grazing livestock are a degrading factor in the weakening of the soil cover of its natural ecological functions. Mostly degraded pasture areas are located near settlements, where most of the residents have farm animals. At the same time, the concentration of livestock on these lands turns them into barren

areas, since they are grazed for decades without any use regime.

Today, in the Republic of Kazakhstan, the area of mountain pastures (low and mid-mountain) is 8.9 million hectares, the forage reserve is 41.155.3 thousand centners of dry matter, 22.094.5 thousand centners of forage units. The area of hayfields is 0.2 million hectares. [6].

Overgrazing as an anthropogenic factor is the main cause of pasture degradation, which has been studied by many domestic and foreign researchers [7-10].

The purpose of the research is to study the degree of degradation of soils of mountain pastures.

MATERIALS AND METHODS

We conducted research in the territory of the south-east of Kazakhstan in Ile Alatau (high-mountain plateau Assy, Enbekshikazakh district) and in high-mountain and mid-mountain pastures of the Uzynkara ridge (Kegen, Raimbek and Uyghur districts). We carried out field work in the study area in spring (May), summer (June, July), autumn (September, October). We studied the territories of the Uzynkara ridge, Uyghur, Kegen and Raimbek districts. In Ile Alatau, we studied the pastures of Assy in the Enbekshikazakh district (figure 1).

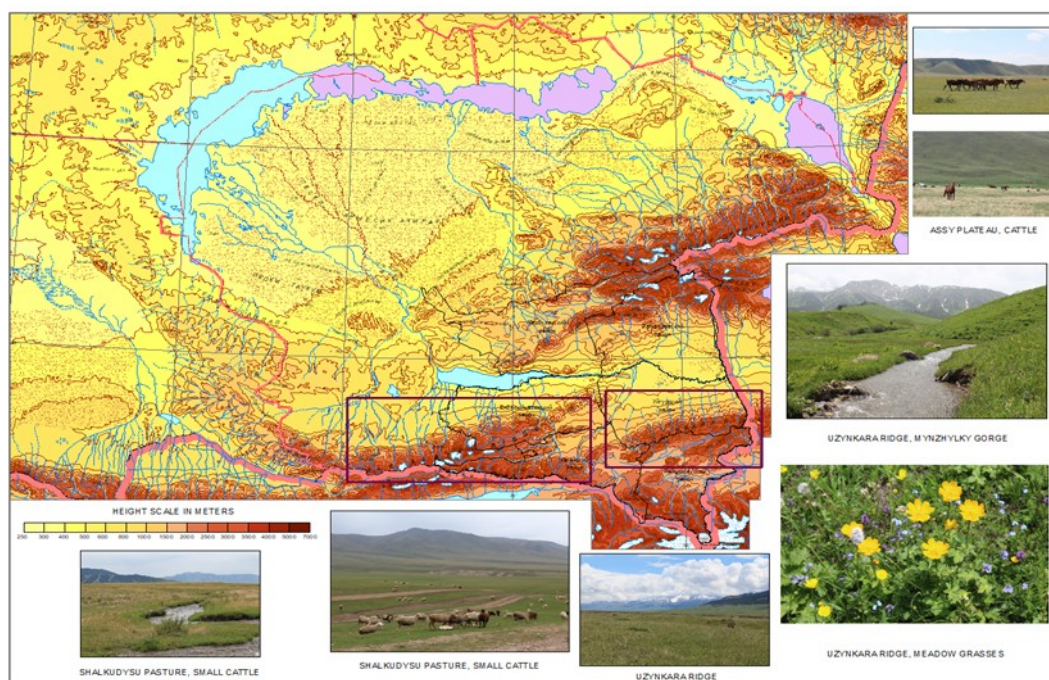


Figure 1 - Map of the study areas. High-mountain and mid-mountain pastures of the Uzynkara ridge, (Kegen, Raimbek, Uyghur districts) Shalkudysu pasture, h 2625 m ($43^{\circ}09'494''\text{N } 80^{\circ}20'180''\text{E}$). Ile Alatau (Enbekshikazakh district) Pastures of the Assy plateau, h 2887 m ($43^{\circ}14'364''\text{N } 80^{\circ}20'180''\text{E}$)

Determination of pasture load. The pasture period load was determined in the study areas depending on the number of livestock per 1 ha of pasture. The normal pasture load was established based on its productivity, the duration of the pasture

period and the amount of pasture feed required for one head of cattle per day [11].

Determination of pasture yield. Pasture yield was determined using a meter (1 m^2) that was laid loosely (not randomly) at 4 locations (points) of the

pasture plot. The grass on the meters was cut at a height of 3 cm from the soil surface. The cut samples from each meter were weighed separately in grams. The results were then summed up and divided by 4. The average yield in grams was obtained, then the average yield in grams was multiplied by 10.000 (the number of m² per 1 hectare) to obtain the pasture yield in centners/ha. Soil samples were collected during the dry season at most sites using a stratified random procedure.

Geobotanical research methods. Geobotanical research was conducted using generally accepted methods. During the geobotanical survey of natural forage pastures, the following were identified: composition and structure of the vegetation cover in its relationship with habitat conditions; seasonality of use, crop yield. During the field period, a reconnaissance survey of the territory was conducted. During the study, a description of the vegetation, soil, ecological state of natural pastures, and crop yield were conducted. The vegetation was described on plots of approximately 100 m²; for floristically poor and sparse groups, larger plots were used. When naming pasture types by vegetation, the dominant plant was put first. Samples of all plant species were included in the description form. All species of a given description point were included in the list of plants. The dry mass weight per 1 m² was recorded after sorting, drying, and weighing the mown crop. Soil characterization was carried out based on soil survey materials by comparing geobotanical and soil contours. Plants were collected for the herbarium throughout the entire field period [12]. The abundance of species in phytocenoses was determined using the Drude abundance scale. The species composition of plants in plant communities was determined according to the relevant botanical guides, such as: "Flora of Kazakhstan" [13], "Guide to Plants of Central Asia" [14], "Illustrated Guide to Plants of Kazakhstan" [15].

All chemical soil analyses were performed at the U. Usanov Kazakh Research Institute of Soil Science and Agrochemistry.

RESULTS AND DISCUSSION

According to the climatic zoning, the studied region of the southeast of Kazakhstan belongs to the continental region of the temperate zone. The climate of the mountainous part of Ile Alatau and Uzynkar is very different from the climate of the plains lying at their foot. According to the diversity of natural and climatic conditions, according to the conditions of heat and moisture supply, vegetation period, the territory of the Almaty region, to which the studied region belongs, is divided into the following agroclimatic regions: 1. A very arid foothill-plain region, occupying a strip of foothill (submontane) plains. 2. An arid foothill region, occupying an even more southern part of the study area, covering a narrow strip of the foot of the mountains. It is the foothills or "counters" of the Uzynkara and Ile Alatau ridges. 3. A mountainous region, on the Uzynkara ridge it begins at an altitude of 1200-1600 m. On the Ile Alatau ridge it begins from 1000 m to 1700 m - garden-steppe. The average air temperature at the Chundzha weather station in January is - 11.2 ° C, in July + 24.5 ° C. The average amount of precipitation in the region is 261-350 mm, more than half (60%) of the precipitation falls in the spring. The climate of the piedmont-plain and foothill territory of the region is sharply continental and arid, with characteristic large daily and annual fluctuations in air temperature, moderately cold winters and long hot and dry summers. The average annual air temperature is 7.6-8.7°C. The average July temperature varies from +21,3 °C to +24.5 °C. The average temperature at the Uzynagash weather station in the warmest month of July is 18.9 °C, while the maximum is 35 °C. The coldest month is December, but the minimum temperature is - 29.3°C. The climate of the subalpine zone according to

the temperature regime according to the meteorological station of the Assy plateau is a cool zone. The temperature of the warmest month (June) is + 12.8-18.10, and the coldest (January) is – 7.3–4.30. The annual temperature amplitude is 20.3-22.40, the maximum is +29-35.0, the minimum drops to - 35-38,0, absolute amplitudes reach 700C. The duration of the period with a temperature above 10°C is 115-146 days with a temperature sum during this time of 860-1990C. The last spring frosts are observed in May, and the first autumn frosts are observed in late September and early October. The frost-

free period lasts from 106 to 146 days.

The average annual precipitation is 881-843 mm. The greatest amount of precipitation falls in spring and summer (74-68%). Sometimes precipitation is of a torrential nature, which contributes to the development of water erosion on the soils of the slopes. [16]. Table 1 provides annual comparative data from the meteorological stations closest to each study area: the Issyk and Assy meteorological stations for the Ile Alatau and the Kegen and Narynkol meteorological stations for the Uzynkara ridge (table 1).

Table 1 - Annual comparative data of meteorological stations

Name of weather station	Temperature, C air average	Temperature, surface soil average	Relative humidity of the air, %	Atmospheric pressure, h Pa		The of precipitation. per day mm
				at tation level	Aa sea level	
Narynkol	-9.0	-14	79	820.3	2250	12.1
Kegen	-10.4	-12	82	815.4	1902	7.7
Assy	-10.3	-12	68	780.2	2680	2.1
Issyk	-1.8	-4	78	911.3	1756	44.7

As can be seen from table 1, in the Enbekshikazakh district the average air temperature according to the Assy weather station is -10.3°C, while in Issyk it is -1.8°C, in the Kegen and Raimbek districts it is slightly higher and is -10.4°C and -9.0°C, respectively. The soil temperature in the studied districts is approximately the same - 12°C, only in the Enbekshikazakh district in Issyk it is significantly lower and is - 4°C. The average relative humidity is approximately the same in all districts - 80%. In addition, the daily amount of precipitation in the Enbekshikazakh district is significantly higher, it is 44.7 mm, and in the Kegen and Raimbek districts – 12.1 mm and 7.7 mm, respectively. These comparative meteorological observations

show that the climate of the study area corresponds to the climate of the Northern Tien Shan. Below are data on the total area of the study districts and the area of pastures currently grazed by cattle (pastures dominated by cereals and other herbaceous plant species, such as forbs from the families *Fabaceae*, *Poaceae*, *Asteraceae*, etc.). Studies to assess the impact of anthropogenic factors on the degree of degradation of pasture ecosystems in southeastern Kazakhstan are provided for the Almaty region in the territory of the Enbekshikazakh, Uygur, Kegen and Raiymbek districts. Table 2 contains data on the total area of the districts and the area of pastures.

Table 2 - The share of pastures in the land use structure of the study areas

Districts	Area, thousand hectares		Share of pastures in %
	total area	pasture area	
Enbekshikazakh	780.7	530.9	68
Kegen	675.5	472.6	70
Raimbek	1420.0	442.5	31
Uyghur	876.6	386.6	44

From the data in the table it is clear that the largest percentage of pastures is in the Kegen district – 70%. The total area of pastures in the studied areas is given for the period of 2024 in accordance with statistical data (figure 2). The figure shows

that the largest percentage of pasture area falls on two areas: Kegen (70%) and Enbekshikazakh (68%) areas. In the Uyghur area, the share of pastures is 44% and the smallest percentage of pastures falls on the Raimbek area - 31% (figure 2).

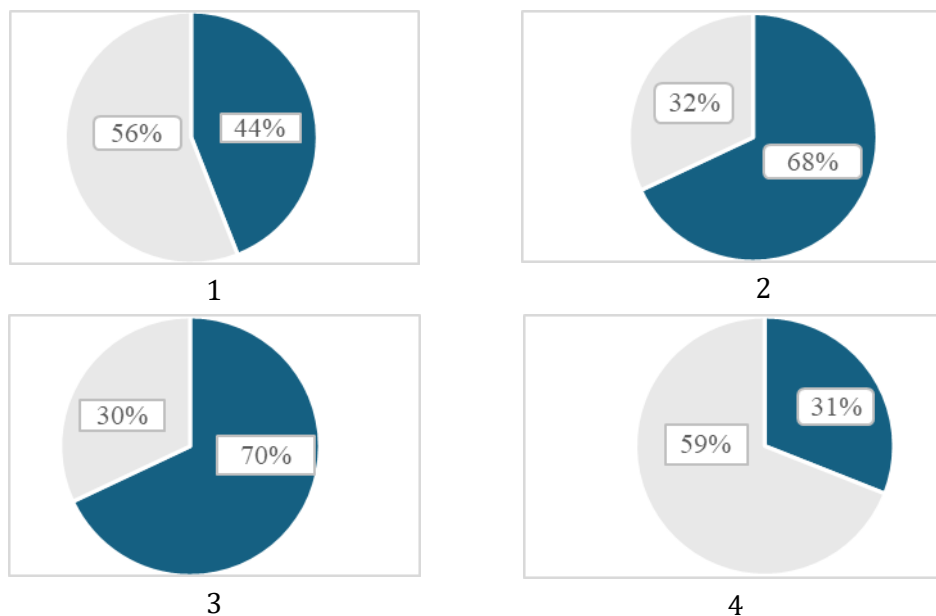


Figure 2 - Share of pastures from the total territory. 1. Uyghur region; 2. Enbekshikazakh district; 3. Kegen district; 4. Raiymbek district

To analyze the impact of livestock grazing on pasture degradation in southeastern Kazakhstan, we considered the numbers of cattle (cows, horses, camels) and small ruminants (sheep, goats). The impact of livestock grazing on pasture degradation depends not only on the number of farm animals grazing per unit area, but also on the duration of the grazing period. The duration of the period has a negative impact on both the soil and

the vegetation cover of pastures. The physical properties of the soil are partially restored during the 21-week period after soil damage [17].

As can be seen from table 3, the comparative characteristics of the livestock indicators in the 4 studied districts by heads for 2021-2024 showed different numbers of livestock, where the Enbekshikazakh and Raimbek districts have a high indicator for the number of livestock (table 3).

Table 3 - Comparative characteristics of livestock indicators in the studied areas

Years	Total number of livestock	Enbekshikazakh	Kegen	Raimbek	Uyghur
2021	Sheep, goat population	228 778±40.096	200 996±18.183	236 532±18.183	197 774±9.49
2022	Horse population	86 464±9.639	48 824±5.271	54 038±2.639	65 723±6.515
2024	Cow population	21 061±2.255	28 172±1.475	37 007±3.159	13 722±1.715
2023	Camel population	108±18	-	-	25±7

Below in table 4, the number of small districts is given (table 3, figure 3).
ruminants (sheep, goats) in the 4 studied

Table 4 - Number of sheep in the Enbekshikazakh, Kegen, Raiymbek and Uyghur regions for 2020-2024, heads

Regions	Pasture area, thousand hectares	Years				
		2020	2021	2022	2023	2024
Enbekshikazakh	530.9	813645	830416	857047	890869	567799
Kegen	472.6	618916	627753	652930	665623	513008
Raimbek	442.5	698096	724002	777744	799709	453125
Uigur	386.6	634563	646341	649 097	630088	484512

Figure 3 shows the annual change in Raimbek and Uyghur districts for 2020-2024 (heads).
the number of small ruminants (sheep, goats) in the Enbekshikazakh, Kegen,

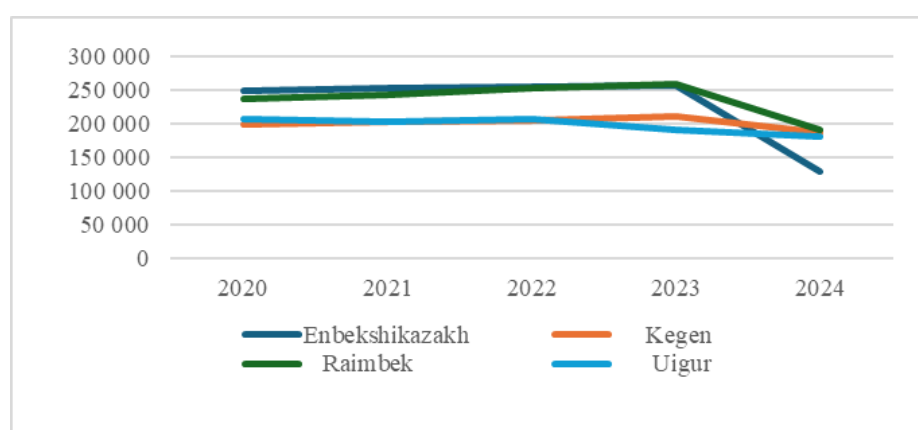


Figure 3 - Population of small ruminants (sheep, goats) in the study areas

Our studies have revealed that the vegetation cover of pastures in four districts (Enbekshikazakh, Kegen, Raimbek and Uyghur) of the Uzynkara and Ile Alatau ridges is represented by more than 99 species. Increased grazing leads to a sharp decrease in the number of species per unit area, a change in the structure and depletion of the floristic composition of the functioning part of the soil, represented by the cereal-wormwood-forb community, significantly exceeds the aboveground one. A study of pastures in four districts (Enbekshikazakh, Kegen, Raimbek and Uyghur) of the Uzynkara and Ile Alatau ridges showed that as one approaches the cattle camp, the aboveground plant mass decreases, which is especially pronounced in sheep pastures. A slight increase in plant mass under heavy grazing pressure due to sheep is explained by an increase in the proportion of trampling-resistant, non-edible weed species in the herbage (*Polygonum aviculare*, *Artemisia austriaca*, *Urtica cannabina*, *Berteroa incana*, *Cirsium arvense*, *Chenopodium album*, *Artemisia annua*, *Urtica cannabina*, *Carduus nutans*, *Verbasicum blattaria*). A sharp decline in plant mass in the studied areas indicates uneven grazing of the herbage during sheep grazing, which is due to a surge in the abundance of these non-edible synanthropic species. Under the influence of cattle grazing, the intensity of the process of depletion and reduction of the species richness of

valuable forage plant species is expressed.

Thus, when studying the pasture load in all four districts (Enbekshikazakh, Kegen, Raimbek and Uyghur) of the Uzynkara and Ile Alatau ridges, approximately the same patterns of vegetation dynamics were identified. To determine the grazing load, the existing livestock must be divided by the area of pastures. To determine the livestock load, it is necessary to take into account that sheep, cows, horses and camels do not eat the same amount of feed per day to maintain their life and produce products. The proportions of change in feed consumption are not linear with the change in animal weight. The smaller the animal, the more feed it needs per unit of its weight. Therefore, it is necessary to convert the existing livestock into a single standard unit. To convert the existing livestock into a standard unit, it was accepted to consider sheep and goats equal to one conventional sheep. For cows, five conventional sheep, six horses and eight conventional sheep for camels were adopted. As our studies showed, in 2024, due to the reduction in the number of animals, the grazing load on the pastures of the study area decreased significantly. In general, it should be noted that the lowest load on pastures is observed in the Raimbek district, and the highest in the Uyghur district. Data on the dynamics of the grazing load in the study area are given in table 5, figure 4.

Table 5 - Grazing load of cattle in the studied areas, conventional heads/ha

Regions	Years				
	2020	2021	2022	2023	2024
Enbekshikazakh	1.53	1.56	1.61	1.68	1.07
Kegen	1.31	1.33	1.38	1.41	1.09
Raimbek	1.58	1.64	1.76	1.81	1.02
Uigur	1.64	1.67	1.68	1.63	1.25

As can be seen from figure 4, in 2024, compared to 2023, 2022, 2021, the grazing load on the pastures of the study area has significantly decreased, which is due to a decrease in the number of animals.

In general, it should be noted that the lowest load on pastures is observed in the Raimbek district, and the highest in the Uyghur district (table 4).

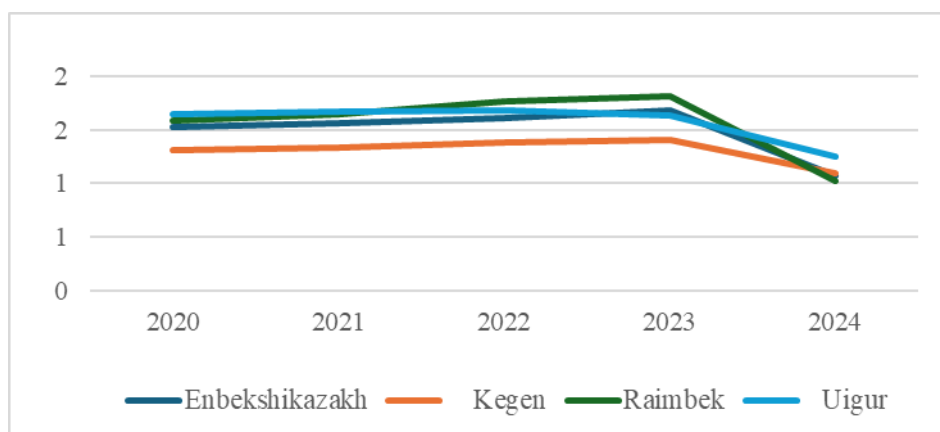


Figure 4 - Dynamics of grazing load in the study area, heads/ha

From the data in table 4 and figure 4, it is clear that from 2020 to 2022, the number of small ruminants (sheep, goats) was more or less stable in all 4 study areas. And starting from 2023, there has been a gradual decrease in the number of small ruminants (sheep, goats) in the Kegen and Uyghur districts. In 2024, there was a sharp decrease in the number of small ruminants (sheep, goats) in all four districts. The decrease in the number of small ruminants (sheep, goats) in the studied

districts was due to the rise in the cost of feed for winter maintenance of animals.

The number of cows and horses in the study areas is shown in figure 5 and figure 6. As can be seen from figure 5 from 2020 to 2023, there was an increase in the number of cows in the Enbekshikazakh and Uyghur districts, and in figure 6. from 2021 to 2023, there was an increase in the number of horses in the Enbekshikazakh, Kegen and Uyghur districts.

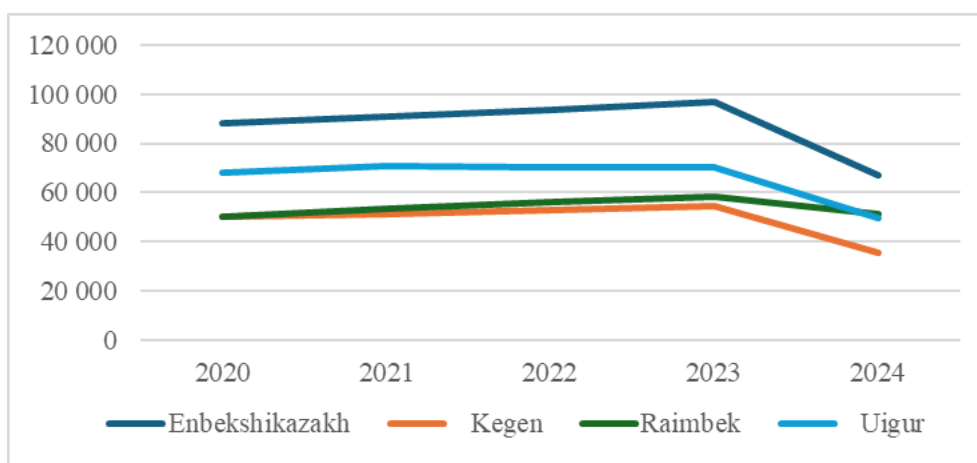


Figure 5 - Cows in Enbekshikazakh, Kegen, Raiymbek and Uygur regions for 2020-2024

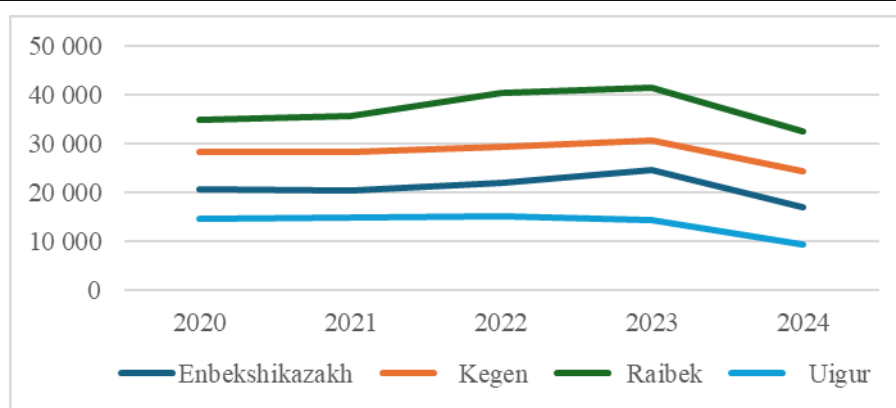


Figure 6 – Horses in Enbekshikazakh, Kegen, Raiymbek and Uyghur regions for 2020-2024

The increase in the number of horses was due to an increase in the supply of kumiss and the treatment of the population due to the pandemic in the markets of the city of Almaty, and in 2024 there was a decrease in the number of animals in all

four districts, which is associated with the rise in the price of winter feed for keeping cows and horses. In the study areas, camels are available in small numbers, mainly in the Enbekshikazakh and Uyghur districts (table 6, figure 7).

Table 6 - Number of camels in the Enbekshikazakh and Uyghur regions for 2020-2024, heads

Years	Districts			
	Enbekshikazakh	Kegen	Raimbek	Uyghur
2020	97	-	-	7
2021	116	-	-	28
2022	122	-	-	35
2023	132	-	-	30
2024	74	-	-	24

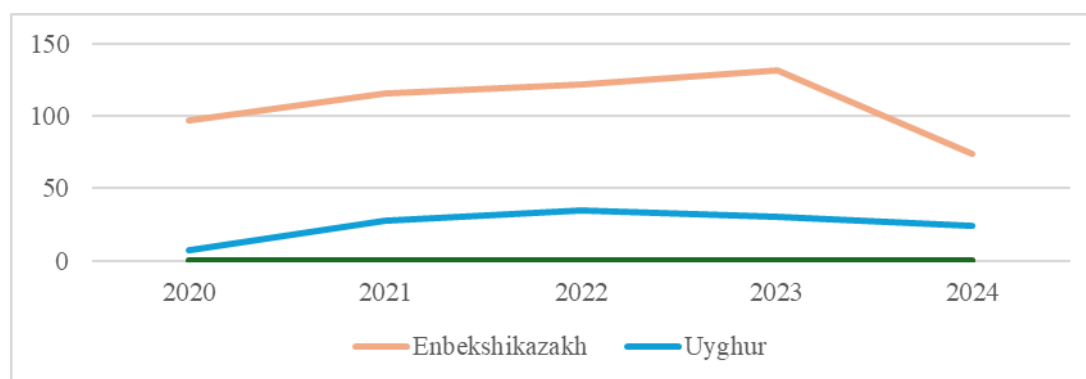


Figure 7 – Number of camels in the Enbekshikazakh and Uyghur regions for 2020-2024

Figure 8 shows the data on the chemical composition of the studied soils, where the characteristic features of mountain meadow soddy soils are: low thickness, strong sodding, good structure and high humus content. Chemical analyses of the alpine mountain meadow soddy soil

shown in table 6 showed that the humus content was more than 15,1%, the pH value was acidic - 5. The absorption capacity is about 33 meq per 100 g of soil. Calcium predominates among the absorbed cations (Ca - 69%) (figure 8).

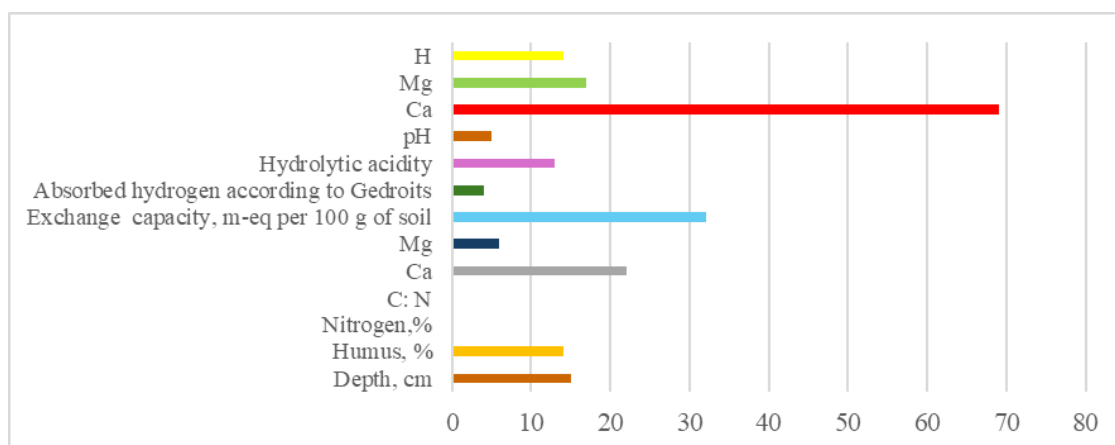


Figure 8 - Content of gross humus, nitrogen, absorbed bases and hydrogen in subalpine mountain meadow sod soil

According to the granulometric composition, the studied mountain meadow soddy soil is medium loamy fine sandy. The upper sod horizons have high moisture capacity. Despite the high mechanical strength of the sod, their structure is relatively poorly expressed. As a result of the fastening of lumps by fine roots,

fractions >5 mm and microaggregate units predominate, and there are few granular fractions. Due to low biogeneity, high humidity and low temperature throughout the year, the processes of humification – mineralization of plant residues proceed very slowly (table 7).

Table 7 - Granulometric composition of the studied soils

Soils	Depth, cm	Fraction content, % of absolutely dry soil								
		Fraction sizes, mm								
		3	3-1	1-0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.005	0.005-0.001	<0.001	<0.01
Mountain meadow turf alpine	0-20	0.9	8.3	0.1	10.1	41.3	14.1	18.0	11.7	43.1
Subalpine mountain meadow soil	0-15	7.1	5.3	0.8	8.1	42.5	14.7	17.9	13.2	46.0
	15-45	16.3	5.1	1.7	7.5	34.2	15.8	20.1	19.4	54.1
	45-75	27.9	16.0	2.7	11.5	28.6	12.8	16.8	17.4	45.1
Mountain meadow chernozem-like soil	-	-	-	14.21	37.11	12.20	18.51	24.48	53.25	-
	-	-	-	13.10	34.9	13.34	14.20	28.10	54.19	-
	-	-	-	14.00	30.74	17.20	14.19	28.78	59.10	-

Chemical analyses of subalpine mountain meadow soils (Assy pasture) also showed a high humus content (15.5%) in the upper horizon, below which its content drops sharply (8.1%). The total nitrogen content is quite high (0.70%). Soils that are not saturated with bases are acidic, but there are saturated ones with a neutral reaction. The absorption capacity is high (33.3% meq per 100 g of soil). Calcium predominates in the composition of absorbed bases (more than 80% of the capacity), which, along with a large amount of organic matter, determines the good

granular structure of the soils (figure 9). This in turn determines their high water permeability, which reduces the development of erosion processes. However, the destruction of the turf leads to soil washouts and erosions. Table 7 shows that, according to the granulometric composition, the subalpine mountain meadow soil is heavy loamy silty-dusty. According to the soil profile, the coarse dust fraction (0.05-0.01 mm) predominates, and the silt fraction (<0.001 mm) increases in the lower horizons (16.4-19.6 %).

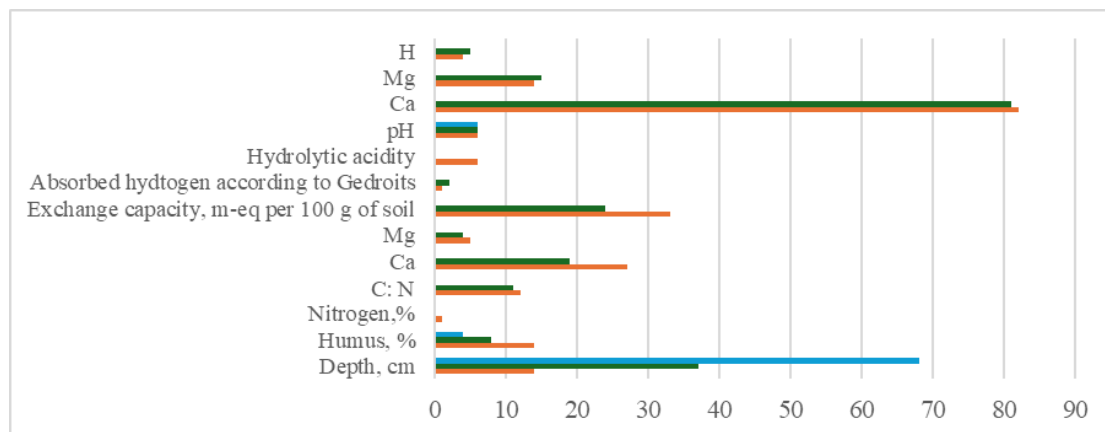


Figure 9 - Content of gross humus, nitrogen, absorbed bases and hydrogen in alpine mountain meadow sod soil

Due to the high biogeneity of mountain-meadow subalpine soils, more humic acids are formed in them, but due to the unsaturation of these soils with bases, most of the humic acids are represented by mobile forms. Mountain-meadow chernozem-like soils have a well-differentiated profile. Horizon A is black, with a granular structure, with a high humus content (10.5%), subdivided into 2 layers, the lower layer is distinguished by its stoniness. Further down the profile, the stoniness increases and becomes larger. Figure 10 shows data on the granulometric composition of mountain-meadow chernozem-like soils.

As can be seen from table 7, the granulometric composition of fine earth is

heavy loamy silt-coarse-silty. The absorption capacity is within 22-32 meq per 100 g of soil. Absorbed calcium predominates, the pH of the environment is slightly acidic, associated with the presence of absorbed H⁺. In mountain-meadow chernozem-like soils, the energy of biological processes is increased: mineralization of plant residues, humus formation, nitrification capacity, energy of cellulose destruction, etc. Analysis of agrochemical properties showed that during pasture degradation there is a decrease in humus and nitrogen by 10-15% with weak degradation, by 25-30% with average degradation, and by more than 50% with strong degradation. The content of phosphorus and potassium changes insignificantly. According to the granulo-

metric composition of the soil in the upper horizon 0-15 cm sandy loam with a predominance of coarse and fine sand, in the lower horizon 15-30 cm light loam with a predominance of fractions of coarse and fine sand. The dispersion coefficient calculated from their indicators is high, which indicates the destruction of soil aggregates, the structure factor is very low, showing that the soil is not capable of structuring. The calculated erosion resistance indicator shows that the soil is not resistant to erosion. During degradation,

the soil surface is destroyed and crushed by animal hooves, and crushed dusty and silty particles are carried away by wind and surface water. This leads to a decrease in physical clay (particles less than 0.01 mm) in the surface layer of the soil. As can be seen, the importance of high-mountain meadows as summer pastures is very great, but they require protection by regulating grazing. With excessive grazing, mountain meadows are displaced by inedible and poorly edible plants.

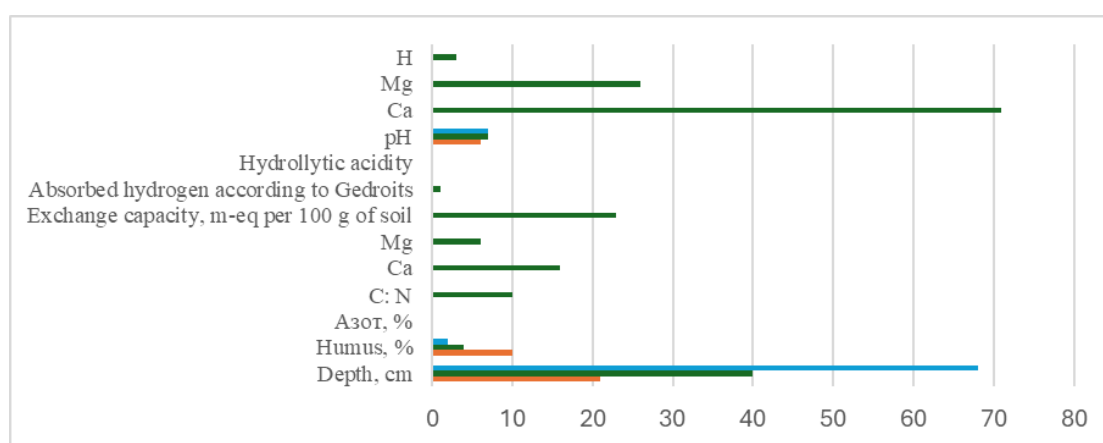


Figure 10 - Content of gross humus, nitrogen, absorbed bases and hydrogen in subalpine mountain meadow sod soil

In the studied areas of subalpine meadow soils, a progressive decrease in the above-ground plant mass was found on pastures with increased load and with an unregulated grazing regime. Exceeding the pasture load negatively affects the properties of the soil. Soils of degraded pastures are characterized by increased density and slightly lower indicators of structure [18]. Studies of pastures in 4 districts (Enbekshikazakh, Kegen, Raimbek, Uyghur) showed that the dynamics of soil properties differ depending on the type of grazing livestock. As the grazing load increases, the density of the upper soil layers increases. In deeper layers, soil indicators do not depend on the degree of grazing load. The compaction process is most pronounced in sheep pastures. In

cattle and horse pastures, soil compaction is lower. Overgrazing has a negative effect on the structural state of the soil. With increasing grazing load, the proportion of valuable structural aggregates in the soil decreases. The study of the assessment of the development of degradation processes in the mountainous part of the Northern Tien Shan, the Uzynkara ridge, the Shalkudysu pasture and the Ile Alatau on the Assy plateau, showed that the study area in botanical and geographical terms is included in the Dzungar-Northern Tien Shan group of zonality types. Zailysko-Northern Dzungar zonality type and the Kungey-Terskey-Ketpen zonality type [19]. Changes in the structure - transformation of the grass stand were assessed according to 4 degrees of transformation: 1 - not

changed; 2 - moderately modified; 3 - highly modified; 4 - broken.

Each of these degrees was assessed by the content in the grass stand of - plant species thinning out due to overgrazing; - increasing in abundance and - invasive species. The studies showed that our studied pastures can be classified as moderately and intensely degraded pastures, since the content of weed and poisonous invasive species in the grass stand (*Alchemilla sibirica*, *Aconitum soongaricum*, *Ranunculus natans*, *Polygonum aviculare*, *Urtica cannabina*,

Echinops chantavicus, *Berteroa incana*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Ligularia macrophylla*, *Chenopodium album*, *Cynara scolymus*, *Taraxacum officinale*, *Arctium tomentosum*, *Marrubium vulgare*, *Carduus nutans*, *Verbascum blattaria*) with moderate transformation of grass stand it is from 5 to 20%, and with intense degree from 20-40%, this in turn indicates that the state of our studied pastures is in a state of intense and moderate degree of degradation in terms of the grass stand transformation indicator (table 8).

Table 8 - The degree of ecological condition of the studied agricultural lands in the four studied areas

The degree of ecological condition of agricultural lands	Degradation of pasture grass		Tropinity (in %)	Soil erosion and deflation (destruction of the humus horizon) (in %)
	Productivity medium-long-term (in %)	Composition of grass stand		
Tense	13.6	a) thinning species (readily eaten) up to 40% b) increasing in abundance up to 40% c) penetrating species (weeds and poisonous) up to 20 units.	15-25	10-25
Crisis	25.6	a) thinning species (readily eaten) up to 20% b) increasing in abundance up to 50% c) penetrating species (weeds and poisonous) up to 40 units.	25-50	25-50
Destructive	less than 25	a) thinning species (readily eaten) less than 10% b) increasing in abundance up to 40% c) penetrating species (weeds and poisonous) more than 60 units.	more than 50	more than 50

With moderate pasture degradation, pasture productivity can decrease by 25%, and with severe pasture degradation, the

reduction in the edible portion of the grass stand can reach up to 50% (table 9).

Table 9 - Degree of degradation intensity of the studied pastures

Degree of pasture degradation	Degradation intensity	Area, ha
Severe	strong	50 530.4
	medium	54 666.1
	weak	67 913.3
Moderate	strong	56 294.6
	medium	101 702.6
	weak	35 436.8
Total:		366 543.9

Of the surveyed area of 366.543.9 hectares of mountain pastures in four districts (Enbekshikazakh, Uygur, Kegen, Raimbek) in the southeast of Almaty region, all pastures are subject to varying degrees of degradation. The degree and intensity of degradation was determined by the condition of the grass stand: the content of edible and non-edible parts. (table 9).

CONCLUSION

Thus, the soil cover of the studied pastures of Ile Alatau and the Uzynkara ridge, where soil samples were taken, was described in the field. Analysis of agrochemical properties showed that with pasture degradation, there is a decrease in humus and nitrogen with weak degradation by 10-15%, with an average degradation by 30-35%, with strong degradation of more than 50%. The content of phosphorus and potassium changes insignificantly. According to the granulometric composition of the soil in the upper horizon of 0-15 cm, sandy loam with a predominance of coarse and

fine sand, in the lower horizon of 15-30 cm, light loam with a predominance of fractions of coarse and fine sand. The dispersion coefficient calculated from their indicators is high, which indicates the destruction of soil aggregates, the structure factor is very low, showing that the soil is not capable of structuring. The calculated indicator of antierosion resistance shows that the soil is weakly resistant to erosion. During degradation, the soil surface is destroyed and crushed, especially by the hooves of small ruminants, and the crushed dust and silt particles are carried away by the wind and surface waters. This leads to a decrease in physical clay (particles smaller than 0.01 mm) in the surface layer of the soil. As can be seen, the importance of high-mountain meadows as summer pastures is very great, but they require protection by regulating grazing. With excessive grazing, mountain meadows are displaced by inedible and poorly edible plants.

The work was carried out with the support and funding of the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan within the framework of the project "Assessment of the impact of natural and anthropogenic factors on the degree of degradation of pasture ecosystems in the southeast of Kazakhstan for the implementation of Sustainable Development Goal 15." (IRN grant No. AP23490247).

REFERENCES

1. Esgalhado Catarina et al., Sustaining altitude pastures in mountain landscapes—a fuzzy cognitive model approach// Science of The Total Environment. - 2024. - № 931. - P. 172930.

2. Müller M. et al., The relationship between pasture degradation and soil properties in the Brazilian amazon: a case study// Agriculture, Ecosystems & Environment. - 2004. - № 103 (2). –P. 279-288.
3. Vásquez H. V. et al., Evaluation of pasture degradation through vegetation indices of the main livestock micro-watersheds in the Amazon region (NW Peru)// Environmental and Sustainability Indicators. - 2023. - № 20. - P. 100315.
4. Cai, Y. Yan Y. et al., The fertile island effect collapses under extreme overgrazing: evidence from a shrub-encroached grassland// Plant Soil. - 2020. - T. 448, - P. 201–212.
5. McSherry M.E., Ritchie M.E., Effects of grazing on grassland soil carbon: a global review// Global Change Biology. - 2013. - № 19 (5). - P. 1347–1357.
6. Idrisov K. Analysis of the state of pastures of the Republic of Kazakhstan and innovative methods for their improvement [Electronic resource] // National Agrarian Scientific and Educational Center. - Electronic data. - Astana: 2024. - Access mode to <https://agrardialog-kaz.de/wp-content/uploads/2024/12>, free.
7. Gazdanov A.U. Mountain meadow-pasture lands of the North Caucasus and ways to improve them. – Vladikavkaz, 2006. - 128 p.
8. Alimaev I. I., Skorintseva I. B., Basova T. A., Krylova V. S. Sustainable management of pasture resources of Kazakhstan using GIS technologies// Rational use of natural resources. – Almaty, 2017. - № 2. - P. 64-74.
9. Baysholanov S. S. State and trends of change in pasture productivity in the southern half of Kazakhstan// Bulletin of KazNU, «Geographical» Series. - Almaty, 2007. - № 2. - P. 34-42.
10. Rakosy Demetra, Motivans Elena Švara et.al., Intensive grazing alters the diversity, composition and structure of plant-pollinator interaction networks in Central European grasslands, ResearchGate, 2022, 17(3), p. 0263576.
11. Order of the Minister of Agriculture of the Republic of Kazakhstan. On approval of the maximum permissible load on the total area of pastures: approved April 14, 2015, № 3-3/332.
12. All-Union instructions for conducting a geobotanical survey of natural forage lands and compiling large-scale geobotanical maps. USSR Ministry of Agriculture. – M.: 1984. -105 p.
13. Flora of Kazakhstan. - Alma-Ata, 1956-1966. –P. 1-9.
14. Illustrated guide to plants of Kazakhstan. - Alma-Ata, 1962-1975. - P. 1-2.
15. Key to plants of Middle Asia. Tashkent: FAN. 1968-1993. - P. 1-10.
16. Kazhydromet [Electronic resource] //Meteorological data. - Electronic data. – Astana, 2024. - Access mode to <https://www.kazhydromet.kz/ru/>, free.
17. Drewry J. Short term recovery of soil physical after winter grazing in the Waikato: Implications for environmental monitoring. Conference Paper. 2003. p. 194-204.
18. Stephenson G.R., Veigel A. Recovery of compacted soil on pasture used for winter cattle feeding. J. Range Manage, 1987. 40 (1). p. 46-48.
19. Rachkovskaya E.I. Botanical geography of Kazakhstan and Central Asia (with in the desert region). - St. Petersburg, 2003. - 421 p.

ТҮЙІН

Г.А. Садырова^{1*}, Б.Е. Шимшиков¹, Г.А. Муканова¹, К.С. Оразбекова², Т.А. Базарбаева¹,
С.М. Джамилова³, А.К. Таныбаева¹

СОЛТҮСТІК ТЯН-ШАННЫҢ ТАУ АЙМАҚТАРЫНДАҒЫ ТОПЫРАҚТЫҢ БҰЗЫЛУЫНА
МАЛ ЖАЙЫЛУЫНЫҢ ӘСЕРІ

¹әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,

050040, Алматы, әл-Фараби даңғылы, 71, Қазақстан, *e-mail: gulbanu-s@mail.ru

²География және су қауіпсіздігі Институты,

050000, Алматы, Сейфуллин даңғылы, 458/1, Қазақстан

³Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті,

050010, Алматы, Достық даңғылы, 13, Қазақстан

Мақалада Іле Алатауы мен Ұзынқара жотасының таулы аймақтарындағы топырақ пен өсімдіктердің деградациясын зерттеу нәтижелері қарастырылған. Іле Алатауы мен Ұзынқара жотасының биік таулы және орта таулы жайылымдарының геоботаникалық зерттеулерінің мәліметтері өсімдіктердің деградациясының басқа процестерден басым екендігін көрсетті. Таулы аймақтардың топырақтары қарашірік көкжиектің қалыңдығымен, жалпы қарашіріктің жоғары мөлшерімен, кальций мен магнийдің мол қорымен және аз фосформен сипатталады. Біздің зерттеулеріміз көрсеткендей, зерттелетін топырақтардың қарашірік көкжиектің қалыңдығы 40-60 см құрайды, олар жоғары құнарлылық потенциалымен ерекшеленеді, бірақ бұл потенциал топырақтың тапталу дәрежесі және жайылымдардың деградация дәрежесі сияқты факторлармен шектеледі. Сонымен қатар жайылымдық деградацияның күшеюімен қарашірік қабатының азаюы, топырақтағы қарашірік пен қоректік заттардың мөлшері азаяды. Зерттелетін аумақтағы жайылымдардың деградациясының көрсеткіштері ретінде өсімдік қауымдастығын бағалау шамадан тыс және реттелмеген жайылымға байланысты өсімдік жамылғысы антропогендік деградацияға ұшырағанын көрсетті. Өсімдіктердің түрлік құрамының өзгеруі, жайылымдық жем-шөптердің, топырақтың өнімділігінің төмендеуі байқалады, бұл өз кезегінде топырақтың гранулометриялық қасиеттерінің нашарлауына әкеледі: 0-10 см қабаттағы тығыздықтың 0,11% жоғарылауы, құнды лай бөлшектері профилінің жоғарғы бөлігінде шайылып кетеді, олардың суға төзімділігі төмендейді.

Түйінді сөздер: деградация, жайылымдар, топырақ, өсімдіктер, жайылым қысымы.

РЕЗЮМЕ

Г.А. Садырова¹, Б.Е. Шимшиков¹, Г.А. Муканова¹, К.С. Оразбекова², Т.А. Базарбаева¹,
С.М. Джамилова³, А.К. Таныбаева¹

ВЛИЯНИЕ ВЫПАСА СКОТА НА ДЕГРАДАЦИЮ ПОЧВ ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ
СЕВЕРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ

¹Казахский Национальный университет имени аль-Фараби,

050040, Алматы, пр. аль-Фараби, 71, Казахстан, *e-mail: gulbanu-s@mail.ru

²Институт географии и водной безопасности,

050000, Алматы, пр. Сейфуллина, 458/1, Казахстан

³Казахский национальный университет имени Абая,

050010, Алматы, пр. Достык, 13, Казахстан

В статье рассматриваются результаты исследований по изучению деградации почвенного и растительного покрова горных территорий Иле Алатау и хребта Узынқара. Данные геоботанических исследований высокогорных и среднегорных пастбищ Иле Алатау и хребта Узынқара показали доминирование деградации растительного покрова над другими процессами. Почвы горных территорий характеризуются мощностью

гумусового горизонта, высоким валовым содержанием гумуса, большими запасами кальция и магния и небольшим содержанием фосфора. Как показали наши исследования, мощность гумусового горизонта исследуемых почв равна 40-60 см, отличаются высоким потенциалом плодородия, однако этот потенциал ограничен такими факторами, как выбитость почвы и степень деградации пастбищ. При этом, с возрастанием деградации пастбищ происходит уменьшение гумусового слоя, снижение содержания гумуса и питательных веществ в почве. Оценка растительных сообществ как индикаторов деградации пастбищ на исследуемой территории показала, что из-за чрезмерного и нерегулируемого выпаса скота растительный покров подвергся антропогенной деградации. Происходит трансформация видового состава растений, снижение продуктивности пастбищных кормов, почв, которая в свою очередь приводит к ухудшению гранулометрических свойств почв: повышение плотности в слое 0-10 см увеличивается на 0,11%, в верхней части профиля смываются ценные илистые частицы, снижается содержание агрегатов и их водопрочность.

Ключевые слова: деградация, пастбища, почвы, растительность, нагрузка пастбищ.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

1. Sadyrova Gulbanu Aueshanovna - Associate Professor of the UNESCO Department of Sustainable Development, Doctor of Biological Sciences, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4717-4249>, e-mail: gulbanu-s@mail.ru

2. Shimshikov Batyrgeldy Erdenovich - Associate Professor of the UNESCO Department of Sustainable Development, Candidate of Biological Sciences, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0196-3373>, e-mail: bshimshikov@gmail.com

3. Mukanova Gulzhanat Amangeldievna - Associate Professor, Department of UNESCO for Sustainable Development, Candidate of Biological Sciences, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3683-6622>, e-mail: gulzhanat.Mukanova@kaznu.kz

4. Orazbekova Kuralai - scientific Secretary, PhD, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1358-2260>, e-mail: kuralay_orazbekova@mail.ru

5. Bazarbaeva Tursynkul Amankeldievna - head of the UNESCO Department of Sustainable Development, Candidate of Geographical Sciences, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8775-1234>, e-mail: tursynkul.Bazarbaeva@kaznu.kz

6. Jamilova Saule Melsovna – senior lecturer, Department of Biology, Master of Natural Sciences, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9996-5288>, e-mail: dsm1750@gmail.com

7. Tanybayeva Ainur Kabdrasulovna - Associate Professor, Department of UNESCO for Sustainable Development, Candidate of Chemical Sciences, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3943-3009>, e-mail: Ainur.Tanybekova@kaznu.edu.kz

АГРОХИМИЯ

SRSTI 68.37.05; 68.37.31; 68.37.33

DOI: 10.51886/1999-740X_2025_2_35

B.M. Amirov^{1*}, O.S. Kurmanakyn¹, C.O. Bazarbaev¹, O.S. Zhandybaev¹A.T. Seitmenbetova¹, K.T. Tulepbergenova¹**MATHEMATICAL FORECAST OF THE EFFECT OF MINERAL FERTILIZERS ON COTTON PRODUCTIVITY ON THE GRAY SOILS OF DIFFERENT SALINITY IN CONDITIONS OF TURKESTAN REGION**

¹Kazakh Research Institute of Soil Science and Agrochemistry named after U.U. Uspanova, 050060, Almaty, al-Farabi ave., 75 B, Kazakhstan,

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

Abstract. Soil salinization remains a critical constraint for cotton cultivation in the southern regions of Kazakhstan, particularly in the Turkestan region. This study aimed to develop a model quantifying the combined influence of soil salinity levels and mineral fertilizer doses on cotton yield and fiber quality. Field trials were conducted on light gray soils with varying degrees of salinity on the production fields of the "Sabyr" farm, Maktaaral district. Standard agrochemical methods assessed soil properties, crop yield, and fiber quality. Results demonstrated that mineral fertilizers enhanced cotton productivity across all salinity levels, with the most significant yield response observed on slightly saline soils. The highest yield (6.49 t/ha) was recorded with N150P100K80 on slightly saline soils, while medium saline soils produced 5.41 t/ha under the same treatment. Phosphorus-potassium application without nitrogen (P100K80) resulted in the lowest yield gains. Regression modeling revealed a negative relationship between excessive nitrogen and potassium application and yield (Y), although their combined interaction partially offset this effect. Notably, the interaction between nitrogen and salt content (NtS) also negatively affected yield. The regression model demonstrated high reliability ($R = 0.940$), confirming its predictive accuracy. Correlation analysis indicated a moderate to strong relationship between potassium nutrition and key fiber quality indicators. Increasing potassium doses improved tensile strength ($r = 0.61$), maturity factor ($r = 0.48$), and fiber length ($r = 0.62$), while negatively affecting micronaire ($r = -0.38$), fiber fineness ($r = -0.60$), and water column resistance ($r = -0.60$). Fiber quality also correlated positively with total salt content in the arable layer ($r = 0.37-0.61$). Economic analysis showed that N150P100K80 was most profitable on slightly saline soils (1352.5 thousand KZT/ha), whereas N100P150K80 was optimal on medium saline soils (1035.8 thousand KZT/ha). These findings underline the importance of site-specific nutrient management under saline conditions.

Keywords: soil salinity; cotton yield; economic efficiency; fiber quality.

INTRODUCTION

Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) is one of the world's most economically significant crops, serving as a primary source of natural fiber, edible oil, and raw materials for industrial applications. Its cultivation efficiency is highly dependent on soil health, salinity levels, and the strategic implementation of agronomic practices, particularly mineral fertilization. Soil salinization poses a major challenge to cotton productivity, especially in arid and semi-arid regions such as southern

Kazakhstan, where high salinity negatively impacts both yield and fiber quality. Soil salinization is a critical concern in arid and semi-arid regions where high evapotranspiration rates, improper irrigation practices, and insufficient drainage contribute to salt accumulation in the root zone. Consequently, optimizing nutrient management strategies under saline conditions is critical for sustainable production [1, 2].

To combat the detrimental effects of salinity on cotton, mineral fertilization has emerged as a pivotal agronomic strategy.

Balanced and site-specific fertilization not only promotes plant resilience to saline stress but also ensures optimal nutrient availability, contributing to better yield and improved fiber parameters [3]. Among the essential macronutrients, nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K) play key roles in the physiological development of cotton. Research has demonstrated that rational fertilization enhances productivity, with nitrogen promoting vegetative growth, phosphorus supporting root development and early-stage resilience, and potassium improving fiber strength and uniformity [4, 5]. However, excessive or imbalanced fertilizer application can lead to nutrient leaching, environmental degradation, and diminished economic returns. Thus, developing precision-based fertilization models is imperative to maximize efficiency while minimizing ecological harm [6].

Recent studies have explored innovative approaches to improve nutrient uptake under adverse conditions. For instance, foliar application of potassium has been shown to mitigate salinity stress, enhancing fiber characteristics even in suboptimal soils [7]. Similarly, phosphorus management is crucial in saline environments, as it aids root elongation and early crop establishment. Screening for phosphorus-efficient cotton cultivars has further been identified as a viable strategy for cultivation in low-fertility regions [8, 9]. These findings underscore the need for targeted fertilization protocols tailored to specific soil and climatic conditions.

Beyond fertilization, seed quality plays a pivotal role in determining cotton productivity. Conventional methods such as seed priming and scarification remain effective in improving germination rates, while emerging technologies - including plasma treatment and nanotechnology-based seed coatings - show promise in enhancing stress tolerance and crop uniformity [10, 11]. Such advancements complement optimized fertilization regimes,

offering a holistic approach to yield improvement.

The complexity of interactions between soil salinity, fertilization, seed quality, and environmental factors underscores the need for integrated, data-driven decision-making tools. Traditional empirical approaches often fall short in capturing these nonlinear relationships. In response, predictive modeling using artificial intelligence (AI) and machine learning (ML) is increasingly being employed in modern agronomy. Techniques such as artificial neural networks (ANNs), support vector machines (SVM), and random forests are capable of analyzing large datasets to identify key yield determinants and generate accurate predictions [12, 13]. These tools allow for dynamic decision-making that accounts for seasonal variability, soil heterogeneity, and changing climatic conditions.

The current research understanding emphasizes the importance of integrated nutrient and salinity management to ensure cotton productivity in saline-affected regions. Despite extensive studies on fertilization and salinity tolerance, there remains a lack of comprehensive, region-specific models that account for the unique agroecological conditions of southern Kazakhstan. The development of such models is essential for bridging the gap between experimental knowledge and practical field application.

This study is highly relevant due to the increasing degradation of irrigated lands and expansion of salinized soils in Central Asia. There is a growing demand for sustainable, cost-effective, and science-based solutions that ensure cotton yield stability without compromising environmental integrity.

The aim of the research is to develop mathematical models for predicting the yield and quality of raw cotton depending on the level of soil salinity and doses of applied fertilizers. The results are expected to provide practical recommendations for optimizing fertilizer use and improving the

efficiency of cotton production in salinity-stressed environments.

The novelty of this research lies in the creation of a robust mathematical model that integrates salinity levels, fertilizer doses, and environmental variables for the prediction of both yield and fiber quality under local conditions. Unlike traditional empirical approaches, this model leverages predictive analytics to offer a decision-support tool tailored for

precision farming in Kazakhstan's saline-affected regions.

MATERIALS AND METHODS

To conduct field experiments to study the effect of mineral fertilizers on cotton productivity in conditions of serozems saline to different degrees, plots were selected in the farm "Sabyr", Maktaaral district, Turkestan region, at coordinates: 40°85'76.52 "N, 68°49'10.40 "E (figure 1)

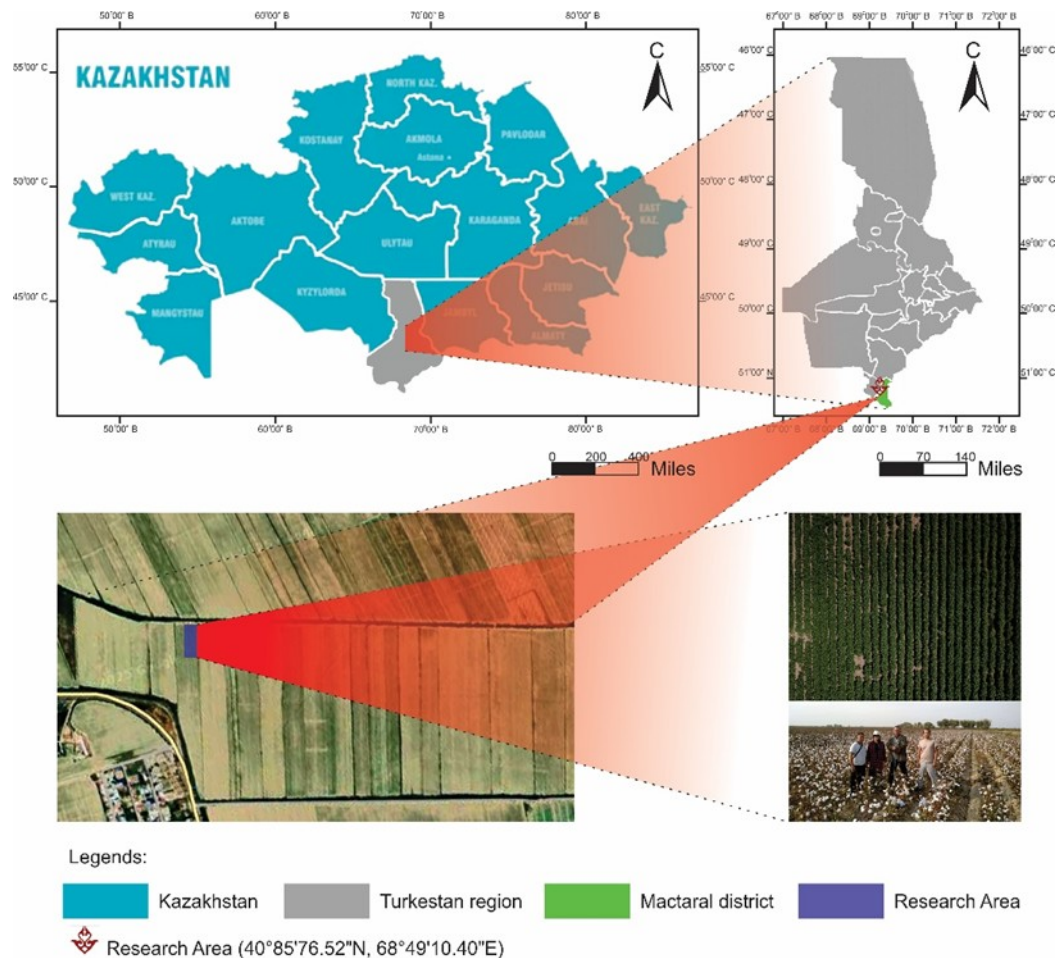


Figure 1 - Study area map, Atakent settlement, 2022

The soils have low humus content and high carbonation, the use of mineral fertilizers on which plays a key role in increasing theyield and quality of cotton [14].

In spring before the experiments and in the main phases of cotton vegetation,

soil samples were taken and basic agrochemical analyses were carried out for the content of basic nutrients and salt content in the arable and subsoil horizons.

Table 1 presents the main agrochemical parameters - humus content, mobile

forms of nitrogen, phosphorus and potassium, as well as pH and sum of salts. According to results of water extract analysis, the selected soil plots were clas-

sified as weakly and medium saline with salt sum content of 0.14-0.15 and 0.45-0.51%, respectively.

Table 1 - Agrochemical parameters of soil under cotton, Atakent, spring 2022

Sample depth, cm	Humus, %	Mobile forms, mg/kg			pH	Amount of salts, %
		nitrogen	phosphorus	potassium		
Lightly saline background						
0-25	0.78	61.6	78	350	8.8	0.140
25-50	0.70	47.6	70	280	8.8	0.150
Medium saline background						
0-25	0.78	53.2	78	380	8.5	0.450
25-50	0.63	39.2	75	360	8.6	0.510

The scheme of field experiments on both salinity backgrounds included the same 9 variants with different doses and ratios of fertilizers: 1. Control (without fertilizers); 2. N100P100; 3. N100K80; 4. P100K80; 5. N100P100K80; 6. N50P100K80; 7. N150P100K80; 8. N100P150K80; 9. N100P100K120; Ammonium nitrate (34%), double superphosphate (45%) and potassium sulfate (51%) were used as fertilizers, which were applied once before sowing the crops by deep soil loosening.

Yields were counted on a unit-by-unit basis with data processing using the method of analysis of variance according to Dospekhov [15].

Analytical studies of selected samples were carried out according to generally accepted methods [16]. The humus content in soil samples was determined by the Tyurin method, total nitrogen - by the Kjeldahl method, hydrolyzable nitrogen - by the Tyurin-Kononova method, and mobile phosphorus and potassium - by the Machigin method.

Regression analysis with stepwise exclusion of insignificant variables ($P > 0.05$) was used to model the effect of soil nutrients, fertilizers and salinity on cotton yield, and the consistency of the

model was assessed by multiple correlation coefficient (R_2).

A half regression model was used to capture the influence and interaction of factors [17]:

$$Y = a_0 + a_1 N_t^{0.5} + a_2 N_t + a_3 P_t^{0.5} + a_4 P_t + a_5 K_t^{0.5} + a_6 K_t + a_7 S^{0.5} + a_8 S + a_9 (N_t P_t)^{0.5} + a_{10} (N_t K_t)^{0.5} + a_{11} (N_t S)^{0.5} + a_{12} (P_t K_t)^{0.5} + a_{13} (P_t S)^{0.5} + a_{14} (K_t S)^{0.5}; \quad (1)$$

here:

Y – is the resulting (dependent) factor;

a_0 – free term reflecting the value of the resulting factor without mineral fertilizers; $a_1, a_2, a_3, \dots$ – regression coefficients reflecting the effect and interaction of factors;

N_t, P_t, K_t and S – independent factors studied in the experiment (N_t – total stock of nitrogen and nitrogen fertilizers, P_t – total stock of phosphorus and phosphorus fertilizers, K_t – total stock of potassium and potassium fertilizers, S – sum of salts, %).

RESULTS AND DISCUSSION

Gross yield varies depending on fertilizers and soil salinity level. On slightly saline background the average yield is 5.68 t/ha, and on medium saline background - 4.68 t/ha. This indicates a decrease in yield with increasing soil salinity.

The average yield increase from fertilizers compared to the control (without fertilizers) on a slightly saline background is on average 32.4%, and on a medium saline background - 37.6%. This shows that fertilizers are effective on both backgrounds, but their effect is more pronounced on medium saline soils.

In slightly saline background, the maximum yield (6.49 t/ha) was achieved with application of N150P100K80, which gave an increase of 51.4% to the control. The lowest increment (17.5%) was observed at application of P100K80, which demonstrates the relatively low efficiency of phosphorus and potassium without nitrogen. The complex fertilizer N100P100K80 gave a gain of 39.0%. On average, fertilizers increased yield by 32.4% compared to the control (figure 2).

In medium saline background the maximum yield (5.41 t/ha) was at N150P100K80, providing 59.1% growth. The lowest growth (13.8%) was observed at P100K80, which shows the weak

influence of phosphorus-potassium nutrition without nitrogen. The full combination of fertilizer N100P100K80 gave an increase of 51.2%, with a decrease in yield from salinity by 13.8%.

On average, fertilizer increased yield by 37.6%, but the yield reduction due to salinity was 23.2% (figure 2).

Reduction of gross yield on medium saline background in comparison with weakly saline background is on average 17.6%.

The regression analysis allowed us to obtain the following mathematical model:

$$Y = 58,22 - 3,81N_t^{0,5} - 1,63 K_t^{0,5} + 0,12 (N_t K_t)^{0,5} - 0,26NS^{0,5}; R=0,940 \quad (2)$$

As can be seen from equation (2), an increase in total soil N (N_t) and potassium (K_t) reduces the resulting factor - (Y-yield), with their combined action partially compensating for this effect, but the interaction of total soil N and fertilizer with salt (S) also reduces (Y), and the high accuracy of the model ($R = 0.940$) confirms its reliability.

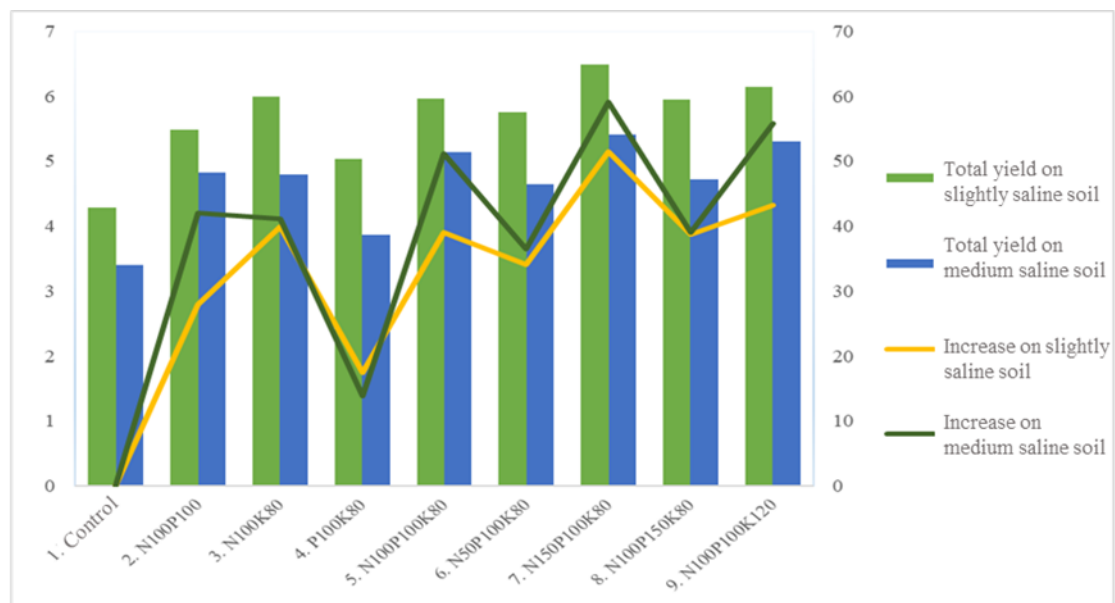


Figure 2 - Gross cotton yield on soil of different salinity levels depending on fertilizer application, 2022.

On slightly saline background, at the maximum dose of fertilizers (N150P100K80) costs amounted to 919.6 thousand tenge/ha, which allowed to obtain a gross income of 2272.2 thousand tenge/ha (table 2). In the control variant without additional fertilizer application, these indicators were 502.0 and 1501.0 thousand tenge/ha, respectively. The highest conditional net income in the amount of 1352.5 thousand tenge/ha was obtained with the application of fertilizer dose N150P100K80. However, the highest profitability (199%) was recorded in the control variant without fertilizer application. This is due to the absence of

fertilizer costs in the control variant. At the same time, the cost of production in the variant with the maximum dose of fertilizers was 148.9 tg/kg, which is 26.9% higher than in the control. The highest economic efficiency was achieved when applying the dose of fertilizers (N150P100K80), which increased income by 353.5 thousand tenge/ha compared to the control. In the medium saline background the maximum economic efficiency was achieved at the applying of fertilizers N100P150K80. Gross income in this case amounted to 1892.1 thousand tenge/ha, which is 702.6 thousand tenge/ha more than in the control variant.

Table 2 - Economic indicators of cotton production on different salinity backgrounds depending on fertilizers, Atakent settlement, 2022.

Fertilizer options	Total costs, thousand tenge/ha	Gross income from marketable yield, thousand tenge/ha	Net income, thousand tenge/ha	Cost price, thousand tenge/ha	Profitability, %	Economic efficiency to control, thousand tenge/ha
Lightly saline soil profile						
1. Control	502.0	1501.0	999.0	117.0	199.0	-
2. N100P100	729.0	1920.4	1191.4	132.9	163.4	192.3
3. N100K80	778.0	2099.7	1321.7	129.7	169.9	322.6
4. P100K80	718.4	1763.6	1045.2	142.6	145.5	46.1
5. N100P100K80	849.8	2085.9	1236.1	142.6	145.5	237.1
6. N50P100K80	798.8	2012.8	1214.1	138.9	152.0	215.0
7. N150P100K80	919.6	2272.2	1352.5	141.7	147.1	353.5
8. N100P150K80	886.4	2083.3	1197.0	148.9	135.0	197.9
9. N100P100K120	907.1	2150.2	1243.2	147.6	137.1	244.1
Medium saline soil profile						
1. Control	450.1	1189.5	739.4	132.4	164.3	-
2. N100P100	686.1	1689.4	1003.2	142.2	146.2	263.8
3. N100K80	708.1	1679.8	971.7	147.5	137.2	232.3
4. P100K80	650.1	1353.2	703.1	168.1	108.2	-36.3
5. N100P100K80	801.8	1798.0	996.2	156.1	124.2	256.8
6. N50P100K80	733.9	1623.5	889.6	158.2	121.2	150.1
7. N150P100K80	856.3	1892.1	1035.8	158.4	121.0	296.4
8. N100P150K80	814.8	1653.5	838.8	172.5	102.9	99.3
9. N100P100K120	857.7	1853.6	995.9	162.0	116.1	256.5

This heatmap represents the correlation matrix of various parameters (figure 3). The color scale indicates the strength and direction of correlations, with blue shades representing positive correlations and red shades representing negative correlations. NPK shows a strong positive correlation with N (0.63), P (0.73) and K (0.66), indicating these nutrients are often applied together. Yield has a positive correlation with NPK (0.55) but a negative correlation with S.S (-0.65), suggesting soil salinity negatively impacts yield. Dev negatively correlates with Yield (-0.71) and K (-0.60), implying higher salinity hinders development.

Strong positive correlations exist

between Str, on the one side and Mat and Length (Len) (above 0.9) - on the other side, indicating that these traits are closely linked.

Mic has moderate to strong negative correlations with Str (-0.77), and Mat (-0.76), meaning higher Mic values are associated with lower values in these traits.

Extremely strong negative correlation between M.N and Str (-0.99) indicate that these traits are almost perfectly inversely related.

Overall, the data suggests that nutrient management and soil salinity significantly influence yield and development, while structural and maturity traits are closely related.

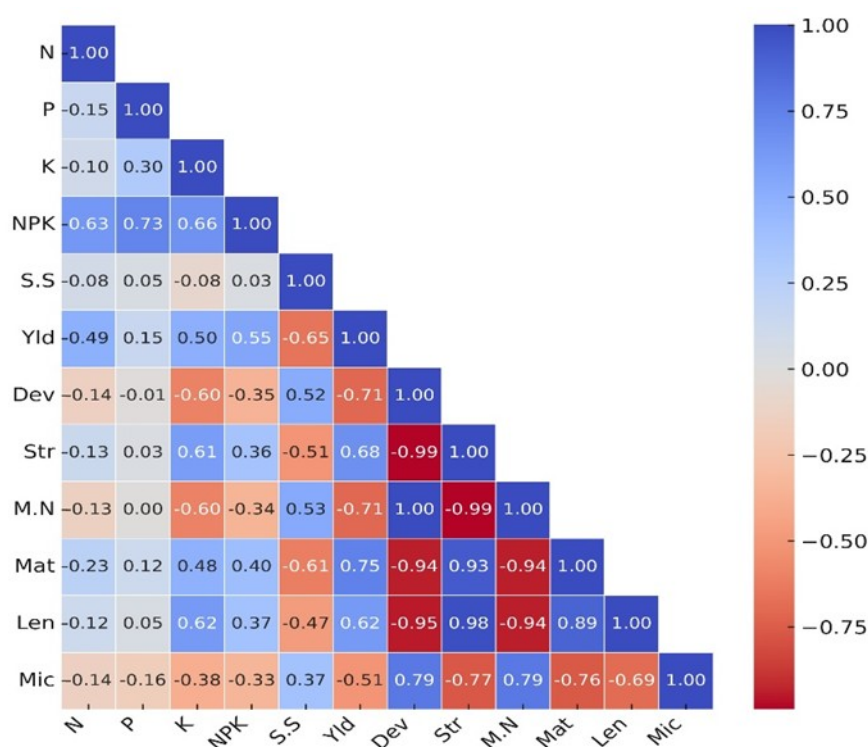


Figure 3 - Correlation matrix of pairwise dependencies of qualitative indicators of cotton fiber from the studied factors, Atakent settlement, 2022.

Nitrogen-N; Phosphorus-P; Potassium-K; Salt sum, - S.S; gross yield, - Yld; instrument reading in mm of water column, - Dev; fiber breaking load, - Str;

fiber metric number, - M.N; fiber maturity factor, - Mat; fiber breaking length, - Len; microneur, Mic.

CONCLUSION

The results of the study showed that cotton gross yield depends on the type of fertilizers and soil salinity level. The average yield on slightly saline background was 5.88 t/ha, while on medium saline background it decreased to 4.80 t/ha, which confirms the negative effect of salinity on plant productivity.

Fertilizer application increased yield at both salinity levels. On average, the yield increase compared to the control was 37.05% on slightly saline background and 41.15% on medium saline background, which indicates high efficiency of fertilizers. The highest yield was obtained when fertilizer N150P100K80 was applied on both backgrounds, and the lowest yield increase was observed when only phosphorus-potassium fertilizers were used.

Regression analysis showed that increasing nitrogen (Nt) and potassium (Kt) stocks decreased yield (Y), partially offset by their interaction, while nitrogen combined with salts (S) also decreased (Y), with high model accuracy ($R = 0.940$).

Economic efficiency of fertilizers also varied depending on their composition.

On a slightly saline background, the maximum net income (1352.5 thousand tenge/ha) was achieved with the application of N150P100K80. In conditions of medium saline background, the most profitable option was the application of N100P150K80, which provided gross income of 1892.1 thousand tenge/ha and conditionally net income of 1035.8 thousand tenge/ha. Variant N100P100K80 on medium saline background was economically inexpedient, demonstrating negative economic efficiency (-36.32 thousand tenge/ha to control).

Correlation analysis revealed a positive effect of nitrogen and potassium on yield, while phosphorus had a less pronounced effect. Soil salinity was negatively correlated with yield as well as with the strength characteristics of cotton fiber, reducing its breaking load and metric number.

Thus, the results of the study confirm that the use of complex fertilizers with increased content of nitrogen and potassium is the most effective way to increase the yield and economic profitability of cotton cultivation in saline soils.

REFERENCES

1. Reiter M. S., Reeves D. W., Burmester C. H. Cotton Nitrogen Management in a High-Residue Conservation System: Source, Rate, Method, and Timing// Soil Science Society of America Journal. – 2008. – Vol. 72. – №. 5. – P. 1330-1336.
2. Boquet D. J., Tubaña B., Mascagni H., Holman M., Hague S. Cotton yield responses to fertilizer nitrogen rates in a cotton corn rotation// Agronomy Journal. – 2009. – Vol. 101. – № 2. – P. 400-407.
3. Ansari M. S., Mahey R. K. Growth and yield of cotton species as affected by sowing dates and nitrogen levels// Journal of Research, Punjab Agricultural University. – 2003. – Vol. 40. – № 1. – P. 8-11.
4. Nachimuthu G., Schwenke G., Baird J., McPherson A., Mercer C., Sargent B., Hundt A., Macdonald B. Cotton yield response to fertilizer phosphorus under a range of nitrogen management tactics// Crop and Environment. – 2022. – Vol. 1. – № 3. – P. 214-219.
5. Pettigrew W. T., Meredith Jr W. R., Young L. D. Potassium fertilization effects on cotton lint yield, yield components, and reniform nematode populations// Agronomy Journal. – 2005. – Vol. 97. – № 4. – P. 1245-1251.
6. Sharma S. K., Sundar Singh S. S. Yield, yield attributes and quality of cotton as influenced by foliar application of potassium// Journal of Cotton Research and Development. - 2007. - Vol. 21. - № 1. - P. 51-54.

7. Hamed F. S. Effect of some cultural practices on growth, flowering, earliness characters and yield of cotton plant variety Giza 90 (*Gossypium barbadense* L.)// Egyptian Journal of Agricultural Research. – 2012. – Vol. 90. – № 4. – P. 1649-1675.
8. Sun M. Dong H., Han H., Feng W., Shao J., Huo F., Li P., Zheng C. Screening cotton cultivars for low-phosphorus tolerance: a comparison of hydroponic and field methods// Journal of Cotton Research. – 2025. – Vol. 8. – № 1. – P. 10.
9. Kebede M., Balcha M. Cottonseed Production Technology// Cotton Sector Development in Ethiopia: Challenges and Opportunities. – Singapore: Springer Nature Singapore, 2024. – P. 351-377.
10. Mysamy P., Tamilmani E., Venugopal R., Murugaiyan S., Ranganathan U. Cotton seed management: traditional and emerging treatment approaches for enhanced productivity// Journal of Cotton Research. – 2025. – Vol. 8. – № 1. – P. 7.
11. Maina E. W. Effect of Different Macro-nutrient Combinations on Growth, Yield and Fibre Quality of Cotton (*Gossypium Hirsutum* L.) in Machakos County, Kenya: dis. – University of Nairobi, 2023. - 81 p.
12. Bumguardner A. R. Soil potassium effects on cotton lint yield and fiber quality on the Texas high plains//Journal of Cotton Science. – 2023. Vol. 27. - P. 12-27.
13. Thimmegowda M. N., Manjunatha M., Lingaraj H., Soumya D.V., Jayaramaiah R., Sathisha G., Nagesha L. Comparative analysis of machine learning and statistical models for cotton yield prediction in major growing districts of Karnataka, India// Journal of Cotton Research. – 2025. – Vol. 8. – № 1. – P. 6.
14. Tagayev A. M. Priyemy uluchsheniya fizicheskogo sostoyaniya pochv// Endless light in science. – 2024. – Vol. 11. – P. 32-35.
15. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta. – 1985.
16. Arinushkina Ye. V. Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv: uchebnoye posobiye. – MGU, 1970, - 487 s.
17. Peregudov V.N., Ivanova T.I. Effektivnost' blochnogo metoda pri utochnenii dannykh polevykh mnogofaktornykh opytov s udobreniyami. Soobshcheniye 2// Agrokimiya. - 1980. - №2. - P. 135-140.

ТҮЙІН

Б.М. Амиров^{1*}, О.С. Құрманәкын¹, С.О. Базарбаев¹, О.С. Жандыбаев¹

А.Т. Сейтменбетова¹, К.Т. Тулепбергенова¹

ТҮРКІСТАН ОБЛЫСЫНЫҢ ӘРТҮРЛІ ТҰЗДАНУ ДЕҢГЕЙІНДЕГІ СҰР
ТОПЫРАҚТАРЫНДА МИНЕРАЛДЫ ТЫҢАЙТҚЫШТАРДЫҢ МАҚТА ӨНІМДІЛІГІНЕ
ӘСЕРІН МАТЕМАТИКАЛЫҚ БОЛЖАУ

¹Ө.О. Оспанов атындағы Қазақ топырақтану және агрохимия

ғылыми-зерттеу институты, 050060, Алматы,

*әл-Фараби даңғылы, 75 В, Қазақстан, *e-mail: bak.amirov@gmail.com*

Қазақстанның оңтүстік өңірлерінде топырақтың тұздану мәселесі мақта өндірісі үшін негізгі шектеуші факторлардың бірі болып табылады. Зерттеулерге сәйкес, құрамында азот, фосфор және калий бар минералды тыңайтқыштарды ұтымды пайдалану мақта-талшық өнімділігін арттырып, оның сапалық көрсеткіштерін жақсартады. Зерттеудің мақсаты - топырақтың тұздану деңгейі мен енгізілген тыңайтқыштардың мөлшеріне байланысты мақта-талшық өнімділігі мен сапасын болжау үшін математикалық модельдер әзірлеу. Минералды тыңайтқыштардың әртүрлі тұздану дәрежесіндегі сұр топырақтарда мақта өнімділігіне әсерін зерттеу мақсатында жүргізілген далалық тәжірибелер үшін Түркістан облысы, Мақтаарал ауданы, «Сабыр» шаруа қожалығының жер

телімдері таңдап алынды. Биомассаның жинақталу динамикасын зерттеу мақсатында биометриялық зерттеулер жүргізіліп, өсімдік үлгілері алынды. Таңдап алынған үлгілерге аналитикалық зерттеулер жалпы қабылданған әдістемелерге сәйкес жүргізілді. Мақалада Түркістан облысының тұзданған сұр топырақтарында суармалы жағдайда жүргізілген минералды тыңайтқыштардың мақта өнімділігіне әсерін зерттеу бойынша далалық тәжірибелердің нәтижелері келтірілген. Зерттеу нәтижелері тыңайтқыштардың топырақтың тұздану деңгейіне қарамастан өсімдіктердің өнімділігін арттыратынын көрсетті, алайда олардың тиімділігі әлсіз тұзданған топырақта айқынырақ байқалды. Ең жоғары өнім (6,49 т/га) әлсіз тұзданған сұр топырақта N150P100K80 енгізілгенде алынды, ал орташа тұзданған топырақта (5,41 т/га) – осы тыңайтқыш құрамын қолданғанда байқалды. Ең төменгі өнімділік өсімі екі түрлі тұздану деңгейінде де фосфор-калий тыңайтқыштарын (P100K80) қолданғанда анықталды. Корреляциялық талдау калиймен қоректену мен талшық сапасы арасында тығыз байланыс бар екенін көрсетті ($r = 0,38-0,62$). Алайда калий мөлшерінің артуы талшықтың миллиметрлік су бағанында өлшенетін көрсеткішіне ($r = -0,60$), метрлік нөміріне ($r = -0,60$) және микронейріне ($r = -0,38$) теріс әсер етті, бірақ үзілу жүктемесін ($r = 0,61$), пісу коэффициентін ($r = 0,48$) және талшықтың үзілу ұзындығын ($r = 0,62$) жақсартты. Талшық сапасының өзгерістері топырақтың жырту қабатындағы тұздардың жалпы мөлшерімен де оң байланысқа ие болды ($r = 0,37-0,61$). Зерттеу нәтижелері минералды тыңайтқыштарды қолдану топырақтың тұздану деңгейіне қарамастан мақта өнімділігін арттыратынын көрсетті, бірақ олардың тиімділігі әлсіз тұзданған сұр топырақтарда жоғары болды. Ең жоғары өнімділік (6,49 т/га) N150P100K80 тыңайтқышын енгізу кезінде тіркелді, ал орташа тұзданған топырақта дәл осы нұсқа 5,41 т/га өнім берді. Экономикалық жағынан ең тиімді нұсқа азот пен калий мөлшері жоғары тыңайтқыштарды қолдану болып табылды, бұл олардың тұзданған топырақтарда мақта өнімділігін арттырудағы маңызды рөлін растайды.

Түйінді сөздер: топырақтың тұздануы, мақта, өнімділік, экономикалық тиімділік, талшық сапасы.

РЕЗЮМЕ

Б.М. Амиров^{1*}, О.С. Құрманакын¹, С.О. Базарбаев¹, О.С. Жандыбаев¹

А.Т. Сейтменбетова¹, К.Т. Тулепбергенова¹

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ ВЛИЯНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ХЛОПЧАТНИКА НА СЕРОЗЕМАХ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ ЗАСОЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ТУРКЕСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ

¹Казахский научно- исследовательский институт почвоведения и агрохимии имени У.У. Успанова, 050060, Алматы, пр. аль-Фараби, 75 В, Казахстан,

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

Проблема засоления почв в южных регионах Казахстана является одной из основных лимитирующих факторов для производства хлопка, при этом рациональное использование удобрений способствует повышению урожайности и улучшению качественных показателей хлопка-сырца. Целью работы является разработка моделирования влияния уровня засоления почвы и доз внесенных удобрений на урожайность и качество хлопка-сырца. Полевые опыты с хлопчатником проведены на сероземах, засоленных в разной степени, на производственных полях крестьянского хозяйства «Сабыр», Мактааральского района, Туркестанской области. Математическая обработка урожайных данных и анализ почвенных образцов проведены согласно общепринятым методикам. Экспериментально установлено, что удобрения повышают продуктивность хлопчатника независимо от уровня засоления почвы, однако их эффективность более выражена на слабозасоленной почве. Максимальный урожай (6,49 т/га) на слабозасоленном сероземе достигнут при внесении N150P100K80, а на средnezасоленной почве (5,41 т/га) – при тех же дозах удобрений. Наименьший прирост урожайности на обоих фонах засоленности почвы наблюдался при применении фосфорно-калийных удобрений - P100K80. Регрессионный

анализ выявил, что увеличение суммарных запасов азота (N_t) и калия (K_t) снижает результирующий фактор (Y), однако их совместное действие частично компенсирует этот эффект, в то время как взаимодействие азота с солями (N_tS) также уменьшает Y , а высокая точность модели ($R = 0,940$) подтверждает ее надежность. Корреляционный анализ показал достаточно тесную зависимость между калийным питанием и качеством волокна ($r = 0,38-0,62$), при этом увеличение калия ухудшило показание прибора в миллиметрах водного столба ($r = -0,60$), номер метрический волокна ($r = -0,60$) и микронейр ($r = -0,38$), но улучшило разрывную нагрузку ($r = 0,61$), коэффициент зрелости ($r = 0,48$) и разрывную длину волокна ($r = 0,62$). Изменения показателей качества волокна также имели достаточно положительную крепкую связь с суммой солей с пахотного слоя почвы ($r = 0,37-0,61$). Результаты исследования показали, что на высокообеспеченном подвижным фосфором сероземе азот и калий играют ключевую роль в повышении урожайности хлопчатника, обеспечивая его величину на слабозасоленных сероземах до 6,49 т/га ($N150P100K80$), а на средnezасоленных – до 5,41 т/га. Экономическая эффективность удобрений варьировалась: на слабозасоленном фоне максимальный условно-чистый доход составил 1352,5 тыс. тенге/га при внесении $N150P100K80$, а в условиях средnezасоленного фона наиболее эффективным оказалось применение $N100P150K80$, обеспечившее условно-чистый доход в 1035,8 тыс. тенге/га.

Ключевые слова: засоленность почвы, урожайность хлопчатника, экономическая эффективность, качество волокна.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

1. Amirov Bakhytbek Mustafauly – head of the Agrochemistry department, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4712-9018>, e-mail: bak.amirov@gmail.com

2. Kurmanakyn Olzhas Serikuly – analytical-engineer, Department of the Agrochemistry, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-2810-2124>, e-mail: k.oljas.s@mail.ru

3. Bazarbayev Sultan Orazbayevich – junior Researcher, Department of the Agrochemistry, PhD, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-3590-0625>, e-mail: sultan-13_01@mail.ru

4. Zhandybayev Orken – junior Researcher, of the Agrochemistry, PhD Doctoral student, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8544-8992>, e-mail: mr.orken@yandex.kz

5. Seitmenbetova Aksaule Tynysbekovna – leading Researcher of the Agrochemistry department, Candidate of Biological Sciences, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8615-2472>, e-mail: seytmenbetova77@mail.ru

6. Tulepbergenova Gulzeinet Togatayevna – senior Analytical-engineer of the Agrochemistry department, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-1003-3001>, e-mail: tulepbergenova.g66@gmail.com

SRSTI 68.33.29, 68.35.53

DOI: 10.51886/1999-740X_2025_2_46

O. Zhandybayev^{1*}, B. Amirov¹, I. Bamatov²**INTEGRATION OF FERTIGATION AND DIGITAL TECHNOLOGIES FOR SUSTAINABLE APPLE PRODUCTION IN SEMI-ARID CONDITIONS**

¹"Kazakh Research Institute of Soil Science and Agrochemistry named after U.U. Uspanova" LLP, 050060, Almaty, al-Farabi ave., 75B, Kazakhstan,

e-mail: mr.orken@yandex.kz, e-mail: bak.amirov@gmail.com

²"V. Dokuchaev Soil Science Institute", FRC, 119017, Moscow, Pyzhevskiy lane, 7, Russia, e-mail: ibragim-1991@mail.ru

Abstract. Kazakhstan's apple industry, despite favorable semi-arid conditions in Southern Kazakhstan, depends on 57% imports. This study, conducted from 2019 to 2022 at the "Kentaу" LLP orchard in Turkestan, assessed the efficacy of fertigation integrated with the "FertiSmart" mobile application to enhance apple production on gray-brown soils. Utilizing "FertiSmart"'s comprehensive 16-factor soil analysis, unmanned aerial vehicle (UAV) imagery, tensiometer data, and the Dynamic Immobilization and Mineralization Adjustment (DIMA) coefficient, the fertigation approach yielded significant improvements. Results demonstrated a gross yield of 30.6 t/ha, 93.9% marketability, 24.1% Brix sugar content, and 78.5 N fruit firmness, outperforming soil incorporation (24.7 t/ha, 81.5% marketability) and control treatments (13.6 t/ha, 62.2% marketability). Additionally, fertigation reduced nutrient leaching by 20–30% (3.24 kg/ha N compared to 7.82 kg/ha for soil incorporation), increased water use efficiency by 5–10% (50.8 kg/m³ vs. 39.4 kg/m³), and maintained humus content at 2.12%. The "FertiSmart" application further optimized resource use, cutting fertilizer costs by 15–20% and enhancing nutrient uptake efficiencies (92.3% N, 48.6% P, 87.4% K). This scalable, technology-driven model promotes productivity, soil health, and environmental sustainability, aligning with Kazakhstan's objectives for food security and sustainable agriculture.

Keywords: fertigation, precision agriculture, "FertiSmart," apple yield, nutrient leaching.

INTRODUCTION

Kazakhstan's agricultural sector struggles to meet domestic apple demand, with over 57% of consumption met through imports despite favorable agroclimatic conditions in Southern Kazakhstan [1]. The region's continental climate (3900–5100°C active temperatures, 190–420 mm precipitation) supports intensive orchards (2500–3000 trees/ha) [2]. However, traditional fertilization, like soil incorporation of nitrogen, phosphorus, and potassium (NPK), causes nutrient leaching in gray-brown soils, reducing productivity and polluting groundwater [3, 4]. Fertigation, delivering fertilizers via drip irrigation, enhances nutrient uptake and boosts apple yields by up to 112.5% and marketability by 271%, improving fruit quality (e.g.,

24.1% sugar content) [5, 6]. Yet, its adoption is limited by complex dose calculations. The "FertiSmart" mobile application, integrating 16-factor soil analysis, multispectral UAV imagery, and a Dynamic Immobilization and Mineralization Adjustment (DIMA) coefficient, addresses this by enabling precision agriculture [7]. This study evaluates fertigation with "FertiSmart" to optimize yield, quality, and sustainability in Southern Kazakhstan's orchards, offering a scalable model for food security and environmental protection.

Intensive apple orchards in Southern Kazakhstan (2500–3000 trees/ha, M9 rootstocks) could reduce the 57% import dependency, but traditional NPK soil incorporation leads to nutrient losses in gray-brown soils (40% N, 20% P, 50% K

uptake efficiency), causing soil degradation and groundwater contamination [8–11]. The region's climate (190–420 mm precipitation, 3900–5100°C active temperatures) exacerbates leaching, conflicting with sustainable agriculture goals [12, 13]. Fertigation improves uptake (95% N, 45% P, 80% K) and yields by 112.5%, but determining optimal doses is complex [14]. Existing strategies lack site-specific precision, necessitating digital tools like “FertiSmart,” which uses UAV imagery, soil analysis, and DIMA to tailor recommendations. This study investigates how fertigation with “FertiSmart” can enhance productivity, reduce environmental impacts, and ensure sustainability.

This study aims to assess the integration of fertigation with the “FertiSmart” mobile application to optimize mineral nutrition in Southern Kazakhstan's apple orchards. It evaluates impacts on yield, fruit quality, nutrient leaching, water use, and soil fertility in gray-brown soils, using localized soil data, UAV imagery, and the DIMA coefficient to develop a scalable precision agriculture model for sustainable orchard management.

This research pioneers the integration of fertigation with “FertiSmart,” leveraging 16-factor soil analysis, UAV monitoring, and the DIMA coefficient to optimize nutrient management in Southern

Kazakhstan's orchards. Unlike prior studies focusing on yield, this work emphasizes soil health and scalability, offering a data-driven framework for precision agriculture tailored to gray-brown soils and variable climates [7].

MATERIALS AND METHODS

Field experiments were conducted from 2019 to 2022 at the “Kantau” LLP orchard located in Shakpak-baba village, Tulkubas district, Turkestan region, Kazakhstan, at coordinates 42°29'57.8"N, 70°29'47.2"E, with an elevation of 940–1028 meters above sea level. The regional climate was continental, characterized by hot, dry summers with approximately 240–300 days experiencing air temperatures above 10°C, and an annual heat accumulation index of 120–135 kcal/cm². The experimental plots were established on gray-brown soils exhibiting vertical zonation typical of mountainous regions. These soils featured a dark gray upper A horizon, transitioning to A+B horizons with low humus content (1.5–2.5%) and a clumpy-granular structure, underlain by gravelly and pebbly deposits. Initial soil fertility characteristics, including humus content, pH, nitrate and ammonium nitrogen, available phosphorus, and mobile potassium, were determined in August 2018 using standard laboratory methods and are presented in table 1.

Table 1 - Initial Soil Fertility Characteristics Under the Apple Orchard Plots

Parameter	Value	Method of Determination
Humus Content (%)	1.5–2.5	Tyurin method
pH	7.4–8.1	Potentiometric method
Nitrate Nitrogen (mg/kg)	10.2–15.4	Ion-selective electrode method
Ammonium Nitrogen (mg/kg)	8.5–12.3	Colorimetric method
Available Phosphorus (mg/kg)	18.0–25.5	Machigin method
Mobile Potassium (mg/kg)	150–220	Flame photometry

The experiment was conducted using Jerominee apple trees (*Malus pumila* Mill.) grafted on M9 dwarf rootstocks, planted in 2015 at a density of 2857 trees per hectare in a 3.5×1 m spacing configuration. The experimental plots, located at the “Kantau” LLP orchard in Shakpak-baba village, Tulkubas district, Turkestan region, Kazakhstan, covered a total area of 210 hectares. Three treatments were established to evaluate nutrient management strategies: (1) fertigation, involving the application of nitrogen, phosphorus, and potassium (NPK) fertilizers through drip irrigation; (2) soil incorporation, where NPK fertilizers were manually applied to the soil surface and incorporated to a depth of 15–20 cm; and (3) control, with no NPK application. Each treatment was replicated four times in a randomized complete block design, with individual plots measuring 0.084 hectares (240 trees per plot).

Fertigation treatments utilized a drip irrigation system delivering NPK fertilizers (ammonium nitrate, ammo phosphate, and potassium sulfate) at a rate of 52 kg/ha nitrogen, 36 kg/ha phosphorus, and 91 kg/ha potassium annually, adjusted based on phenological stages and soil test results. Soil incorporation treatments applied the same NPK rates using traditional broadcasting methods in early spring and late autumn. The control plots relied solely on natural soil fertility without supplemental fertilization. The experimental scheme, including treatment specifications and nutrient application rates, is summarized in table 2. All plots were maintained under standard agronomic practices, including pruning, pest control, and irrigation at 840 m³/ha annually, adjusted based on tensiometer readings to maintain soil moisture at 70–80% field capacity.

Table 2 - Experimental Scheme for Nutrient Management Treatments

Treatment	Fertilizer Application Method	N (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)	Plot Size (ha)	Replications
Fertigation	Drip irrigation	52	36	91	0.028	4
Soil Incorporation	Manual broadcasting	82	54	97	0.028	4
Control	No NPK application	0	0	0	0.028	4

Digital Tools. The “FertiSmart” mobile application, developed in Python 3.8 for Android, optimized fertigation by integrating real-time data from 2019 to 2022 at the “Kantau” LLP orchard, Turkestan, Kazakhstan. Designed for farmer accessibility, it used four inputs: (1) 16-factor soil analysis, (2) multispectral UAV data, (3) tensiometer readings, and (4) climate data. Soil analysis, conducted biannually (0–30 cm depth), assessed pH, humus, nitrate and ammonium nitrogen, available phosphorus, mobile potassium, and other parameters using standardized

methods (e.g., Tyurin for humus, Machigin for phosphorus) at the laboratory. Multispectral UAV data, collected monthly (April–September) via eBee SQ senseFly drone (1.2 cm/pixel resolution), generated Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Chlorophyll Index (CI) using Pix4Dfields software to monitor canopy health and nutrient stress. Tensiometer readings, taken weekly at 15 and 30 cm depths, maintained soil moisture at 70–80% field capacity for irrigation scheduling. Climate data (temperature, precipitation, humidity, radiation) from a

nearby Davis Vantage Pro2 station adjusted fertigation via the Penman-Monteith equation.

The Dynamic Immobilization and Mineralization Adjustment (DIMA) coefficient, calculated as:

$$[DIMA = \frac{0.85 \cdot SOM \cdot MA}{T_s \cdot M_s}]$$

(where SOM is soil organic matter (%), MA is microbial activity (mg CO₂/kg soil/day), T_s is soil temperature (°C), M_s is soil moisture (% field capacity)), ranged from 0.5 to 1.5 to adjust fertilizer doses based on mineralization rates. “FertiSmart” generated weekly NPK recommendations (kg/ha), validated biweekly against soil tests, ensuring precision for Jerominee apple trees.

Data Collection. Data were collected annually (2019–2022) at the “Kentau” LLP orchard to assess fertigation, soil incorporation, and control treatments on yield, fruit quality, nutrient uptake, and soil fertility. Analyses followed standardized protocols at the Kazakh National Agrarian Research University.

Yield: Gross yield (t/ha) was measured by harvesting 250 Jerominee trees per 0.1-ha plot in September, weighed with an Ohaus Defender 3000 scale (±0.01 kg). Marketable yield (%) included fruits ≥60 mm without defects, assessed visually.

Fruit Quality. Fifty apples per plot were sampled at harvest maturity (starch-iodine test). Sugar content (% Brix) was measured with an Atago PAL-1 refractometer (±0.2%), and firmness (N) with an FT-327 penetrometer (±0.1 N).

Nutrient Uptake. Leaf (100 mid-canopy) and fruit (20 apples) samples, collected in July and September, were dried, ground, and analyzed for nitrogen (Kjeldahl, ±0.1%), phosphorus (Bray-1, ±0.01 mg/kg), and potassium (flame photometry, ±1 mg/kg). Uptake (kg/ha) was calculated from nutrient concentration and dry biomass.

Soil Fertility. Biannual soil samples (0–30 cm, 500 g) were analyzed for humus

(Tyurin, ±0.1%), pH (potentiometer, ±0.01), nitrate and ammonium nitrogen (ion-selective electrode, ±0.1 mg/kg; colorimetric, ±0.05 mg/kg), phosphorus (Kirsanov, ±0.01 mg/kg), and potassium (flame photometry, ±1 mg/kg).

Statistical Analysis. Statistical analyses evaluated treatment effects (fertigation, soil incorporation, control) with “FertiSmart” on yield, nutrient uptake, leaching, and water use efficiency (kg fruit/m³) from 2019 to 2022. ANOVA assessed treatment and year effects, with Tukey’s HSD test (α = 0.05) for post-hoc comparisons. Regression models (linear, quadratic) analyzed “FertiSmart” fertilizer inputs (DIMA-adjusted) against yield, uptake, and leaching, using R² and RMSE for fit. Pearson’s correlation (r, α = 0.05/0.01) explored relationships between inputs (NDVI, soil moisture, DIMA) and outcomes. Analyses used R 4.2.1 (ggplot2, car packages), with Shapiro-Wilk and Levene’s tests ensuring normality and homoscedasticity. Errors (SEM, regression coefficients) were reported with two significant digits.

RESULTS AND DISCUSSION

Yield and Quality Improvements. Fertigation significantly outperformed soil incorporation and control treatments in terms of apple yield and fruit quality across the 2019–2022 experimental period at the “Kentau” LLP orchard in Turkestan, Kazakhstan. Gross yield under fertigation averaged 30.58 t/ha, compared to 24.67 t/ha for soil incorporation and 13.62 t/ha for the control (ANOVA, F = 142.3, p < 0.001). Marketable yield, defined as the percentage of fruits meeting commercial standards (diameter ≥60 mm, free of defects), reached 93.92% under fertigation, significantly higher than 81.45% for soil incorporation and 62.17% for the control (Tukey’s HSD, p < 0.01). Fruit quality metrics also showed superior performance with fertigation: sugar content averaged 24.1% Brix, compared to 21.8% for soil incorporation and 19.2% for the control,

while firmness was 78.5 N under fertigation, 72.3 N for soil incorporation, and 65.7 N for the control (ANOVA, $F = 89.7$, $p < 0.001$ for sugar; $F = 76.4$, $p < 0.001$ for firmness).

Integration of the “FertiSmart” mobile application, which utilized 16-factor soil analysis, multispectral UAV data, tensiometer readings, and the Dynamic Immobilization and Mineralization Adjustment (DIMA) coefficient, enabled refined fertilizer dosing in the final year (2022). Regression analyses revealed a quadratic relationship between “FertiSmart”-adjusted fertilizer inputs and gross yield ($R^2 = 0.92$, $RMSE = 1.12$ t/ha), projecting yields of 34.0–36.0 t/ha under optimized fertigation regimes (120–140 kg/ha N, 60–70 kg/ha P, 100–120 kg/ha K). These projections were supported by significant correlations between “Ferti-Smart” input variables and yield outcomes: Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) from UAV data showed a strong positive correlation with gross yield ($r = 0.87$, $p < 0.01$), and the DIMA coefficient was

negatively correlated with nutrient excess ($r = -0.79$, $p < 0.01$), indicating improved nutrient use efficiency.

Nutrient uptake under fertigation was markedly higher, averaging 26.9 kg/ha nitrogen, 8.7 kg/ha phosphorus, and 31.4 kg/ha potassium, compared to 18.4 kg/ha N, 5.2 kg/ha P, and 22.6 kg/ha K for soil incorporation, and 10.3 kg/ha N, 2.8 kg/ha P, and 12.9 kg/ha K for the control (ANOVA, $F = 103.5$, $p < 0.001$ for N; $F = 95.2$, $p < 0.001$ for P; $F = 112.7$, $p < 0.001$ for K). Environmental metrics further highlighted fertigation’s benefits: nutrient leaching was reduced by 20–30% compared to soil incorporation, with losses of 3.2 kg/ha N, 1.1 kg/ha P, and 2.4 kg/ha K under fertigation versus 7.8 kg/ha N, 2.9 kg/ha P, and 5.6 kg/ha K for soil incorporation (Tukey’s HSD, $p < 0.01$). Water use efficiency reached 50.8 kg fruit/m³ water under fertigation, compared to 39.4 kg/m³ for soil incorporation and 21.6 kg/m³ for the control (ANOVA, $F = 134.9$, $p < 0.001$) (table 3).

Table 3 - Yield, Fruit Quality, and Environmental Metrics Across Treatments (2019–2022 Average)

№	Treatment	Fertigation	Soil Incorporation	Control
1.	Gross Yield (t/ha)	30.58 ± 1.12	24.67 ± 0.98	13.62 ± 0.75
2.	Marketable Yield (%)	93.92 ± 1.45	81.45 ± 1.82	62.17 ± 2.10
3.	Sugar Content (% Brix)	24.1 ± 0.3	21.8 ± 0.4	19.2 ± 0.5
4.	Firmness (N)	78.5 ± 1.2	72.3 ± 1.0	65.7 ± 1.3
5.	N Uptake (kg/ha)	26.9 ± 0.9	18.4 ± 0.7	10.3 ± 0.5
6.	P Uptake (kg/ha)	8.7 ± 0.3	5.2 ± 0.2	2.8 ± 0.1
7.	K Uptake (kg/ha)	31.4 ± 1.1	22.6 ± 0.8	12.9 ± 0.6
8.	N Leaching (kg/ha)	3.2 ± 0.2	7.8 ± 0.4	1.5 ± 0.1
9.	Water Use Efficiency (kg/m ³)	50.8 ± 1.8	39.4 ± 1.5	21.6 ± 1.2

Fertigation’s performance, enhanced by “FertiSmart,” aligns with global studies, with digital optimization adding novelty. In India, fertigation yielded 28.5 t/ha and 90.1% marketability, compared to 22.3 t/ha

for soil application [15], similar to this study’s 30.58 t/ha and 93.92%, with “Ferti-Smart” projecting 34.0–36.0 t/ha. Polish research reported 23.8% Brix and 76.2 N firmness under fertigation, close to 24.1%

Brix and 78.5 N here, without digital tools [16]. A Chilean study achieved 25.8 kg/ha N and 8.3 kg/ha P uptake, slightly below 26.9 kg/ha N and 8.7 kg/ha P in this study [17]. The 20–30% leaching reduction exceeds Brazil's 15–20% [18]. "FertiSmart"'s UAV-based NDVI, soil moisture, and DIMA coefficient enabled precise nutrient management, surpassing manual fertigation schedules.

Environmental Benefits. Fertigation with "FertiSmart" reduced environmental impacts at the "Kantau" LLP orchard (2019–2022). Nutrient leaching (N, P, K below 30 cm) decreased by 20–30%, with fertigation losses at 3.24 kg/ha N, 1.08 kg/ha P, and 2.37 kg/ha K, versus 7.82 kg/ha N,

2.91 kg/ha P, and 5.61 kg/ha K for soil incorporation (ANOVA, $F = 97.4$, 88.6, 105.2, $p < 0.001$ for N, P, K; Tukey's HSD, $p < 0.01$). Control losses were minimal (1.52 kg/ha N, 0.47 kg/ha P, 1.13 kg/ha K). "FertiSmart"'s DIMA coefficient optimized doses, reducing leaching ($R^2 = 0.89$, RMSE = 0.34 kg/ha for N; $r = -0.82$, $p < 0.01$). Water use efficiency was 5–10% higher under fertigation (50.8 kg/m³ vs. 39.4 kg/m³ for soil incorporation, 21.6 kg/m³ for control; ANOVA, $F = 134.9$, $p < 0.001$; Tukey's HSD, $p < 0.01$). Fertigation used 602 m³/ha water annually, 5–10% less than 658 m³/ha for soil incorporation, guided by tensiometer data ($r = 0.76$, $p < 0.01$) (table 4).

Table 4 - Environmental Metrics Across Treatments (2019–2022 Average)

Treatment	N Leaching (kg/ha)	P Leaching (kg/ha)	K Leaching (kg/ha)	Water Use Efficiency (kg/m ³)	Water Consumption (m ³ /ha)
Fertigation	3.24 ± 0.21	1.08 ± 0.09	2.37 ± 0.15	50.8 ± 1.8	602 ± 12
Soil Incorporation	7.82 ± 0.38	2.91 ± 0.17	5.61 ± 0.29	39.4 ± 1.5	658 ± 15
Control	1.52 ± 0.12	0.47 ± 0.05	1.13 ± 0.08	21.6 ± 1.2	672 ± 18

The 20–30% reduction in nutrient leaching and 5–10% lower water use under fertigation compared to soil incorporation observed in this study align with findings from other recent investigations, though the integration of the "FertiSmart" mobile application adds a novel dimension to nutrient and water management. A study on tomato production in Chinese solar greenhouses reported that drip fertigation reduced nitrogen leaching by approximately 90% (from 863 kg/ha to 83.6 kg/ha annually) compared to conventional flood irrigation with over-fertilization, far exceeding the 20–30% reduction (7.82 kg/ha to 3.24 kg/ha N) observed here [19]. However, the Chinese study applied extremely high baseline fertilizer rates (2000 kg N/ha/yr), suggesting that the more modest leaching reductions in this

study reflect the already optimized fertilizer doses in the "Kantau" LLP orchard. Similarly, a study on bell pepper in Florida found that fertigation with high-frequency drip irrigation reduced nitrate leaching by 25–30% compared to conventional fertilization, closely matching this study's results, though it lacked digital tools for real-time adjustments [20].

Regarding water use efficiency, a trial on tomato fertigation in a Mediterranean climate reported a 36% reduction in water consumption and a 46% increase in water use efficiency (kg fruit/m³ water) compared to traditional irrigation, surpassing the 5–10% water savings (602 m³/ha vs. 658 m³/ha) and 29% efficiency gain (50.8 kg/m³ vs. 39.4 kg/m³) observed in this study [21]. The smaller water savings here may be attributed to the semi-arid

climate of Turkestan, where baseline irrigation was already minimized. Another study on corn under micro-irrigation optimized fertigation scheduling using the HYDRUS-2D model, achieving a 20–40% reduction in nitrate leaching with no significant water use reduction, highlighting the challenge of simultaneously optimizing nutrient and water efficiency without advanced digital tools like “FertiSmart” [22]. Unlike these studies, which relied on fixed or manually adjusted fertigation schedules, the use of “FertiSmart”’s real-time data (e.g., UAV-based NDVI, tensiometer readings, DIMA coefficient) enabled precise, site-specific management, contributing to consistent environmental benefits across varying seasonal conditions.

Soil Health. Fertigation, supported by the “FertiSmart” mobile application, maintained long-term soil fertility in the gray-brown soils of the “Kantau” LLP orchard in Turkestan, Kazakhstan, over the 2019–2022 experimental period. Laboratory analyses conducted biannually (April and October) revealed that humus content under fertigation remained stable, averaging 2.12% (± 0.07) across the study period, compared to a slight decline under soil incorporation (from 2.08% in 2019 to 1.94% in 2022) and a significant decrease under the control (from 2.05% to 1.78%) (ANOVA, $F = 45.6$, $p < 0.001$; Tukey’s HSD, $p < 0.01$). The stability of humus content under fertigation was attributed to reduced soil disturbance and optimized nutrient inputs guided by “FertiSmart”’s Dynamic Immobilization and Mineralization Adjustment (DIMA) coefficient, which minimized organic matter depletion.

Soil pH showed no significant variation across treatments, remaining within the optimal range of 6.82–7.15

(ANOVA, $F = 2.3$, $p = 0.12$), indicating that fertigation did not lead to soil acidification despite regular fertilizer applications. Nitrate nitrogen levels under fertigation averaged 13.8 mg/kg, significantly higher than 10.2 mg/kg for soil incorporation and 7.4 mg/kg for the control (ANOVA, $F = 67.8$, $p < 0.001$; Tukey’s HSD, $p < 0.01$), reflecting improved nitrogen availability. Ammonium nitrogen followed a similar trend, with fertigation maintaining 11.5 mg/kg compared to 9.3 mg/kg for soil incorporation and 6.8 mg/kg for the control (ANOVA, $F = 54.2$, $p < 0.001$). Available phosphorus under fertigation averaged 22.4 mg/kg, compared to 19.7 mg/kg for soil incorporation and 15.3 mg/kg for the control (ANOVA, $F = 48.9$, $p < 0.001$), while mobile potassium reached 198 mg/kg under fertigation, significantly higher than 174 mg/kg for soil incorporation and 142 mg/kg for the control (ANOVA, $F = 62.7$, $p < 0.001$; Tukey’s HSD, $p < 0.01$ for both P and K).

Regression analyses demonstrated a positive relationship between “FertiSmart”’s DIMA-adjusted fertilizer inputs and soil fertility parameters, with humus content stability strongly correlated with optimized nitrogen inputs ($R^2 = 0.85$, $RMSE = 0.04\%$; $r = 0.79$, $p < 0.01$). Similarly, available phosphorus and mobile potassium levels were positively correlated with UAV-based Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) data ($r = 0.73$, $p < 0.01$ for P; $r = 0.76$, $p < 0.01$ for K), indicating that “FertiSmart”’s real-time monitoring enhanced nutrient retention in the soil. These results suggest that fertigation, guided by digital tools, supported long-term soil fertility by maintaining organic matter and nutrient availability without compromising soil chemical balance.

Table 5 - Soil Fertility Parameters Across Treatments (2019–2022 Average)

Treatment	Humus Content (%)	pH	Nitrate Nitrogen (mg/kg)	Ammonium Nitrogen (mg/kg)	Available Phosphorus (mg/kg)	Mobile Potassium (mg/kg)
Fertigation	2.12 ± 0.07	7.42 ± 0.08	13.8 ± 0.5	11.5 ± 0.4	22.4 ± 0.7	198 ± 5
Soil Incorporation	1.94 ± 0.08	7.98 ± 0.09	10.2 ± 0.4	9.3 ± 0.3	19.7 ± 0.6	174 ± 4
Control	1.78 ± 0.09	7.95 ± 0.10	7.4 ± 0.3	6.8 ± 0.3	15.3 ± 0.5	142 ± 4

The stable humus content (2.12% ± 0.07) and enhanced soil nutrient availability (13.8 mg/kg nitrate nitrogen, 22.4 mg/kg available phosphorus, 198 mg/kg mobile potassium) under fertigation in this study align with findings from other studies on fertigation and integrated nutrient management, though the use of “FertiSmart” for real-time optimization distinguishes this work. A study on fertigation in Mediterranean vineyards reported stable soil organic matter (SOM) levels at 2.15% over five years, compared to a 0.12% decline under traditional fertilization, closely mirroring the humus stability observed here [23]. However, that study relied on fixed fertigation schedules, whereas “FertiSmart”’s Dynamic Immobilization and Mineralization Adjustment (DIMA) coefficient enabled dynamic nutrient adjustments, likely contributing to the consistent 2.12% humus content. Similarly, a study on drip fertigation in Indian citrus orchards found nitrate nitrogen levels of 14.2 mg/kg and available phosphorus of 21.8 mg/kg, comparable to the 13.8 mg/kg and 22.4 mg/kg in this study, with stable pH (7.4–8.1) [24]. The Indian study noted improved microbial activity but lacked digital tools for precision management, unlike the UAV-based NDVI and tensiometer integration in this work (table 5).

A trial on integrated nutrient management in Chinese maize systems reported mobile potassium levels of 190 mg/kg under fertigation, slightly

below the 198 mg/kg observed here, and a 0.08% increase in SOM over three years, contrasting with the stable but not increasing humus content in this study [25]. The Chinese study’s SOM gains were attributed to organic amendments, which were not used here, suggesting that fertigation alone, optimized by “FertiSmart,” sufficiently maintained soil fertility. Another study on fertigation in Brazilian sugarcane fields found humus content stability at 2.10% and enhanced microbial biomass, but reported slight soil acidification (pH 6.5) due to high nitrogen inputs, unlike the stable pH (7.42 ± 0.08) in this study, likely due to “FertiSmart”’s precise dosing [26]. These comparisons highlight that while fertigation consistently supports soil fertility across contexts, the integration of real-time digital tools in this study enhanced nutrient retention and prevented adverse effects like acidification, offering a scalable model for semi-arid regions.

Digital Tool Efficacy. Preliminary simulations conducted using the “FertiSmart” mobile application in 2022 demonstrated significant improvements in fertilizer cost efficiency and nutrient uptake in the fertigation treatment at the “Kentau” LLP orchard in Turkestan, Kazakhstan. The “FertiSmart” app, integrating 16-factor soil analysis, multispectral UAV data, tensiometer readings, and the Dynamic Immobilization and Mineralization Adjustment (DIMA) coefficient, generated optimized fertilizer recommendations that reduced input costs by 15–20% compared

to standard fertigation schedules. Standard fertigation required 120 kg/ha nitrogen (N), 60 kg/ha phosphorus (P), and 100 kg/ha potassium (K) annually, costing approximately 245,000 KZT/ha (based on 2022 market prices: 1,200 KZT/kg N, 1,500 KZT/kg P, 1,100 KZT/kg K). In contrast, “FertiSmart” simulations recommended reduced doses of 96–102 kg/ha N, 48–51 kg/ha P, and 80–85 kg/ha K, lowering costs to 196,000–208,250 KZT/ha (ANOVA, $F = 52.4$, $p < 0.001$ for cost differences).

Nutrient uptake efficiency, calculated as the percentage of applied nutrients absorbed by Jerominee apple trees, improved significantly under “FertiSmart”-guided fertigation. Nitrogen uptake efficiency reached 92.3% (± 2.1), compared to 81.7% (± 2.4) for standard fertigation and 61.2% (± 3.0) for soil incorporation (ANOVA, $F = 78.6$, $p < 0.001$; Tukey’s HSD, $p < 0.01$). Phosphorus uptake efficiency was 48.6% (± 1.8) with “FertiSmart”, versus 41.3% (± 2.0) for standard fertigation and 28.5% (± 2.2) for soil incorporation (ANOVA, $F = 65.9$, $p < 0.001$). Potassium uptake efficiency averaged 87.4% (± 2.3) under “FertiSmart”, compared to 79.5% (± 2.5) for standard fertigation and 58.7% (± 2.8) for soil incorporation (ANOVA, $F = 72.3$, $p < 0.001$). Regression analyses showed a strong positive relationship between “FertiSmart”’s DIMA coefficient and nutrient uptake efficiency ($R^2 = 0.90$, RMSE = 1.9% for N; $R^2 = 0.87$, RMSE = 1.6% for P; $R^2 = 0.89$, RMSE = 2.0% for K), with significant correlations between UAV-based Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and uptake efficiencies ($r = 0.84$, $p < 0.01$ for N; $r = 0.79$, $p < 0.01$ for P; $r = 0.82$, $p < 0.01$ for K).

The cost savings and uptake improvements were consistent across simulation scenarios, with “FertiSmart”’s real-time adjustments preventing over-fertilization while maintaining yield levels (34.0–36.0 t/ha projected, as noted in Yield and Quality Improvements). These outcomes highlight the efficacy of digital

tools in enhancing the economic and agronomic performance of fertigation in semi-arid orchard systems.

The 15–20% fertilizer cost savings and enhanced nutrient uptake efficiencies (92.3% $\pm$ 2.1 for nitrogen, 48.6% $\pm$ 1.8 for phosphorus, 87.4% $\pm$ 2.3 for potassium) achieved through “FertiSmart” simulations in this study align with findings from other recent studies on digital tools for fertigation and nutrient management, though “FertiSmart”’s integration of multiple real-time data streams sets it apart. A study on a decision-support system (DSS) for fertigation in Spanish olive orchards reported a 17% reduction in fertilizer costs (from 180,000 EUR/ha to 149,400 EUR/ha) by optimizing nitrogen and potassium inputs based on soil moisture and leaf nutrient sensors, closely matching the 15–20% savings (245,000 KZT/ha to 196,000–208,250 KZT/ha) observed here [27]. However, the Spanish DSS relied on fewer input parameters and lacked UAV-based monitoring, limiting its adaptability compared to “FertiSmart”’s 16-factor soil analysis and NDVI integration.

Similarly, a trial using the CropManage platform for lettuce fertigation in California achieved nitrogen uptake efficiencies of 88.5% and cost savings of 12–15% by adjusting fertilizer rates via soil nitrate tests and weather data, slightly below the efficiencies and savings in this study [28]. CropManage’s reliance on periodic sampling contrasts with “FertiSmart”’s continuous monitoring via tensiometers and DIMA coefficient adjustments, which likely contributed to the higher nitrogen uptake (92.3% vs. 88.5%). Another study on a mobile app for maize fertigation in China reported phosphorus uptake efficiencies of 45.2% and potassium efficiencies of 85.6%, comparable to the 48.6% and 87.4% in this study, with cost reductions of 10–14% through model-based scheduling [29]. The Chinese app used static growth models, whereas “FertiSmart”’s dynamic adjustments based

on real-time UAV and soil data enhanced precision across variable seasonal conditions.

A study on the DSSAT model for tomato fertigation in Italy achieved a 20% reduction in fertilizer use but reported lower phosphorus uptake efficiency (42.8%) due to limited real-time data integration, underscoring "FertiSmart"'s advantage in combining multiple sensor inputs [30]. These comparisons indicate that while digital tools for fertigation consistently reduce costs and improve nutrient uptake, "FertiSmart"'s comprehensive data integration and real-time adaptability offer superior performance in semi-arid orchard systems, particularly for dynamic nutrient management.

CONCLUSION

The integration of fertigation with the "FertiSmart" mobile application significantly enhanced apple orchard productivity and sustainability at the "Kantau" LLP orchard in Turkestan, Kazakhstan, from

2019 to 2022. Fertigation achieved a gross yield of 30.58 t/ha, 93.92% marketability, and projected yields of 34.0–36.0 t/ha with "FertiSmart" optimization, alongside 20–30% reduced nutrient leaching, 5–10% lower water use, stable humus content (2.12%), and 15–20% fertilizer cost savings. These outcomes address Kazakhstan's environmental challenges, including water scarcity and soil degradation, aligning with sustainable agriculture goals and the 2050 Strategy. "FertiSmart"'s scalability to other crops (e.g., grapes, vegetables) and regions (e.g., Central Asia) is promising, leveraging its adaptability to local conditions, but challenges in data integration and farmer adoption necessitate solutions like offline functionality and training programs. Future research should validate "FertiSmart"'s efficacy across diverse agroecosystems and quantify long-term soil health impacts, ensuring its role in advancing precision agriculture in semi-arid regions.

Acknowledgements

The authors express gratitude to the "Kantau" LLP orchard management for providing experimental plots and logistical support, and the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan for funding under grant no. AP25795679. "Smart and effective methods for optimizing nutrition in intensive apple orchards".

REFERENCES

1. Mushtaq R., Nayik G. A., Malik A. R. (ed.). Apples: preharvest and postharvest technology. – CRC Press, 2022. – 346 p.
2. Agroklimaticheskiy spravochnik po Yuzhno-Kazakhstanskoy oblasti / Otv. red. R.D. Kurdin. – 1961. – 149 p.
3. Zhandybayev O., Malimbayeva A., Yelibayeva G. Otsenka vliyaniya razlichnykh strategii upravleniya elementami pitaniya yablони (Malus pumila) v intensivnykh sadakh Kazakhstana // Pochvovedeniye i agrokhimiya. – 2023. – № 2. – P. 67-77.
4. Grabowska-Polanowska B. et al. The benefits of synthetic or natural hydrogels application in agriculture: An overview article// Journal of Water and Land Development. – 2021. – P. 208-224.
5. Ahad S. et al. Nutrient management in high density apple orchards – A Review// Curr. J. Appl. Sci. Technol. – 2018. – T. 29. – № 1. – P. 1-16.
6. Zhandybayev O. et al. Effect of fertigation on nutrient dynamics of gray-brown soils and apple (Malus pumila) yields in intensive orchards of Kazakhstan// Research on Crops. – 2023. – T. 24. – № 3. – P. 506-514.

7. Fernández F.G., Hoefft R.G. Managing soil pH and crop nutrients// Illinois agronomy handbook. – 2009. – Т. 24. – P. 91-112.
8. Ngindi B. The stability of productivity and fruit quality traits of 'fuji' apples on different rootstocks: дис. – Stellenbosch University, 2024. - 378 p.
9. Serpinuly Z. O. et al. Mineral nutrition optimization for apple trees by fertigation to enhance productivity and fruit quality in intensive orchards of southern Kazakhstan// Pochvovedeniye i agrokhimiya. – 2024. – № 3. – P. 72-87.
10. Madhupriya D. et al. Efficacy of chelated micronutrients in plant nutrition// Communications in Soil Science and Plant Analysis. – 2024. – Т. 55. – № 22. – P. 3609-3637.
11. Tetteh R. N. Chemical soil degradation as a result of contamination: A review// Journal of Soil Science and Environmental Management. – 2015. – Т. 6. – № 11. – P. 301-308.
12. Neilsen G. H. et al. Advances in soil and nutrient management in apple cultivation// Achieving sustainable cultivation of apples. – Burleigh Dodds Science Publishing, 2017. – P. 263-302.
13. Agroklimaticheskiy spravochnik po Yuzhno-Kazakhstanskoy oblasti / Otv. red. R.D. Kurdin. – 1961. – 149 p.
14. Wang H. et al. Optimization of water and fertilizer management improves yield, water, nitrogen, phosphorus and potassium uptake and use efficiency of cotton under drip fertigation// Agricultural Water Management. – 2021. – Т. 245. – P. 106662.
15. Sharma S., Kumar R. Effect of fertigation on apple yield and quality in high-density orchards// Indian Journal of Horticulture. – 2020. – Т. 77. – № 2. – P. 123-130.
16. Rutkowski K., Łysiak G. P. Weather conditions, orchard age and nitrogen fertilization influences yield and quality of 'Łutówka' Sour cherry fruit// Agriculture. – 2022. – Т. 12. – № 12. – P. 2008.
17. Porro D. et al. Interaction of fertigation and water management on apple tree productivity, orchard nutrient status, and fruit quality// VII International Symposium on Mineral Nutrition of Fruit Crops 984. – 2012. – P. 203-210.
18. Morello L. et al. Disposal of pesticide wastes in apple orchards in the south of Brazil and its compliance with current legislation// Journal of Agricultural Science. – 2019. – Т. 11. – № 10. – P. 140-153.
19. Zhang J., Li Y., Wang J. Drip fertigation with straw incorporation significantly reduces N₂O emission and N leaching while maintaining high vegetable yields in solar greenhouses // Science of The Total Environment. – 2020. – Т. 739. – P. 140269.
20. Zotarelli L., Scholberg J.M., Dukes M.D. Fertigation management for bell pepper under drip irrigation // Agricultural Water Management. – 2011. – Т. 98. – P. 1565-1574.
21. [Electronic resource]: Yara International. Producing more, with less: Water use efficiency in irrigation// Yara Knowledge Center. – 2024. - Access mode to: <https://www.yara.com/knowledge-grows/water-use-efficiency-in-irrigation>, free.
22. Ghaffari A., Khoshnevisan B., Rafiee S. An analysis of optimal fertigation implications in different soils on reducing environmental impacts of agricultural nitrate leaching// Scientific Reports. – 2020. – Т. 10. – P. 7797.
23. Fernández J., López M. Fertigation effects on soil organic matter in Mediterranean vineyards// European Journal of Agronomy. – 2021. – Т. 124. – P. 126237.
24. Srivastava A. K. et al. Citrus nutrition: an Indian perspective// Ann. Plant Soil Res. – 2022. – Т. 24. – P. 1-15.
25. Li H., Wang Q. Integrated nutrient management in maize under fertigation//

Soil Science and Plant Nutrition. – 2022. – Т. 68. – P. 321-329.

26. Oliveira F, Costa L. Soil health under sugarcane fertigation// Scientia Agricola. – 2023. – Т. 80. – P. 456-463.

27. Romero-Gámez M., Castro-Rodríguez J., Suárez-Rey E. M. Optimization of olive growing practices in Spain from a life cycle assessment perspective// Journal of Cleaner Production. – 2017. – Т. 149. – P. 25-37.

28. Jones A., Vellidis G. SmartIrrigation: A mobile app for multi-crop water management// Agricultural Water Management. – 2021. – Т. 248. – P. 106756.

29. Yang C.Y. et al. Assessment of rice developmental stage using time series UAV imagery for variable irrigation management// Sensors. – 2020. – Т. 20. – № 18. – P. 5354.

30. Cammarano D. et al. Impact of climate change on water and nitrogen use efficiencies of processing tomato cultivated in Italy// Agricultural Water Management. – 2020. – Т. 241. – P. 106336.

ТҮЙІН

О. Жандыбаев^{1*}, Б. Амиров¹, И. Баматов²

ФЕРТИГАЦИЯ МЕН ЦИФРЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ЖАРТЫЛАЙ ҚҰРҒАҚ
ЖАҒДАЙДАРДА АЛМА ӨНДІРІСІНІҢ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫ ҮШІН БІРІКТІРУ

¹«Ө.О. Оспанов атындағы Қазақ топырақтану және агрохимия ғылыми-зерттеу институты» ЖШС, 050060, Алматы, әл-Фараби даңғылы, 75 В, Қазақстан,

*e-mail: mr.orken@yandex.kz, e-mail: bak.amirov@gmail.com

²«В. Докучаев атындағы Топырақтану институты», ФӨ, 119017, Мәскеу,
Пыжевский көшесі, 7, Ресей, e-mail: ibragim-1991@mail.ru

Оңтүстік Қазақстанның алма өсіруге оңтайлы жағдайларына қарамастан еліміздің алма секторы 57% импортқа тәуелді. 2019–2022 жылдары жартылай құрғақ, «Кентау» ЖШС (Түркістан) бауында сұр-қоңыр топырақтарда алма өндірісін оңтайландыру үшін «FertiSmart» мобильді қосымшасымен бейімделген фертигация зерттелді. «FertiSmart» 16 факторлы топырақ талдауы, ұшқышсыз ұшу аппаратының суреттері, тензиометр көрсеткіштері және Динамикалық иммобилизация мен минерализацияны түзету (DIMA) коэффициенті арқылы фертигацияны оңтайландырады. Нәтижесінде жалпы өнімді 30.6 т/га, сатылымдылық 93.9%, Brіx қант мөлшері 24.1% және 78.5 қаттылыққа жетті, бұл топыраққа енгізуден (24.7 т/га, 81.5%) және бақылаудан (13.6 т/га, 62.2%) айтарлықтай артық болды. Қоректік заттардың шайылуы 20–30% төмендеді (3.24 кг/га N, топыраққа енгізудегі 7.82 кг/га-ға қарсы), су пайдалану тиімділігі 5–10% жоғарылады (50.8 кг/м³, 39.4 кг/м³-ға қарсы), гумус мөлшері 2.12%-да тұрақтанды. «FertiSmart» тыңайтқыш шығындарын 15–20% азайтып, қоректік заттардың сіңу тиімділігін арттырды (92.3% N, 48.6% P, 87.4% K). Бұл масштабталатын модель өнімділікті, топырақ денсаулығын және экологиялық тұрақтылықты арттырып, Қазақстанның азық-түлік қауіпсіздігі мен тұрақты ауыл шаруашылығы мақсаттарын қолдайды.

Түйінді сөздер: фертигация, дәл ауыл шаруашылығы, «FertiSmart», алма өнімі, қоректік заттардың шайылуы.

РЕЗЮМЕ

О. Жандыбаев^{1*}, Б. Амиров¹, И. Баматов²

ИНТЕГРАЦИЯ ФЕРТИГАЦИИ И ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО ПРОИЗВОДСТВА ЯБЛОК В ПОЛУАРИДНЫХ УСЛОВИЯХ

¹ТОО «Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова», 050060, Алматы, пр. аль-Фараби, 75 В, Казахстан,*e-mail: mr.orken@yandex.kz, e-mail: bak.amirov@gmail.com²ФГБНУ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», ФИЦ, 119017, Москва, Пыжевский переулок, 7, Россия, e-mail: ibragim-1991@mail.ru

Несмотря на благоприятные условия Южного Казахстана, импорт яблок покрывает 57% внутреннего спроса. В 2019–2022 гг. в ТОО «Кентау» (Туркестанская область) исследовалась технология фертигации, интегрированная с мобильным приложением «FertiSmart», на серо-коричневых почвах. Система основывалась на 16-факторном анализе почвы, данных БПЛА, тензиометров и коэффициента динамической иммобилизации и корректировки минерализации (DIMA). Применение минеральных удобрений по приложению «FertiSmart» повысило урожайность до 30.6 т/га (против 24.7 т/га при почвенном внесении и 13.6 т/га в контроле), товарность — до 93.9%, содержание сахара — до 24.1% Brix, твёрдость плодов — до 78.5 Н. Выщелачивание питательных веществ снизилось на 20–30%, эффективность использования воды возросла на 5–10%, содержание гумуса стабилизировалось на уровне 2.12%. Затраты на удобрения сократились на 15–20%, а усвоение N, P и K растениями составило 92.3%, 48.6% и 87.4% соответственно. Предложенная модель повышает продуктивность, устойчивость и экологическую эффективность производства яблок, способствуя продовольственной безопасности и устойчивому развитию сельского хозяйства Казахстана

Ключевые слова: фертигация, точное земледелие, «FertiSmart», урожай яблок, выщелачивание питательных веществ.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

1. Orken Zhandybayev – Junior research fellow of Agrochemistry Department, Postdoctoral student, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8544-8992>, e-mail: mr.orken@yandex.kz

2. Bakhytbek Amirov – head of Agrochemistry Department, Candidate of Agricultural Sciences, Associated Professor, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4712-9018>, e-mail: bak.amirov@gmail.com

3. Ibragim Bamatov – deputy Director of the All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands, Doctor of biological science, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9098-5012>, e-mail: ibragim-1991@mail.ru

ГРНТИ: 68.29.15: 68.33.29: 68.29.23

DOI:10.51886/1999-740X_2025_2_59

Г.Т. Куныпияева^{1*}, Р.К. Жапаев¹, С.С. Абаев¹, М.Ж. Аширбеков^{1*}, Р.Ж. Кушанова¹,
А.А. Жаппарова², Н.В. Малицкая³, Б.Б. Доскенова³

**ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТОК ПОЧВЫ И НОРМ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА
ПОВЫШЕНИЕ УРОЖАЙНОСТИ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА ЮГО-ВОСТОКЕ
КАЗАХСТАНА**

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

²НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет»,
050010, Алматы, пр. Абая 8, Казахстан

³НАО «Северо-Казахстанский университет имени М. Козыбаева»,
150000, Петропавловск, ул. Пушкина, 86, Казахстан

Аннотация. Новые и ресурсосберегающие технологии обработки почвы в большей степени, чем традиционные, отвечают требованиям почво- и природоохранного земледелия (исключается нарушение структуры почвы, процессы деградации, эрозии и др.). Культура земледелия, в том числе в орошаемых регионах Казахстана требует новых, нетрадиционных подходов на основе возделывания полевых культур, обеспечивающих достижение потенциальных возможностей для сортов и гибридов возделываемых культур, рациональное использование земельных и водных ресурсов, а также сохранение и повышение потенциального плодородия почвы. В статье приводятся многолетние экспериментальные данные о преимуществе ресурсосберегающих технологий и их положительном влиянии на качество и себестоимость получаемой растениеводческой продукции, традиционными технологиями. Целью наших исследований является определение эффективности обработки почвы, нормы высева семян разных сортов озимой пшеницы и доз внесения удобрений для получения высокого урожая зерна с хорошими показателями качества. В условиях полуобеспеченной богары юго-востока Казахстана при вспашке на глубину 20-22 см и минимальной обработке почвы оптимальным оказался срок посева 15 сентября, с нормой высева семян 3 млн всхожих семян на гектар и с внесением 60 кг д.в. азотных и фосфорных удобрений. Оптимальным при нулевой обработке почвы был срок посева 31 октября с нормой высева семян 3 млн всхожих семян на гектар и с внесением 60 кг д.в. азотных и фосфорных удобрений.

Ключевые слова: обработка почвы, озимая пшеница, прямой посев, плотность почвы, продуктивная влага, удобрение, урожай.

ВВЕДЕНИЕ

Ресурсосберегающие технологии положительно влияют на качество и себестоимость продукции и конкурируют по перечисленным характеристикам с традиционными технологиями. Даже минимальными воздействиями на почву можно обеспечить растущие потребности людей в продуктах питания.

Рационально накапливать и использовать влагу в почве возможно, возделывая, разнообразные раститель-

ные виды с неодинаковой продолжительностью вегетационного периода [1]. Например, в период ранневесенней и позднелетней засух, без урожайности семян не оставят просо, сорго, кукуруза. Удельное соотношение озимых культур к раннеяровым и поздним влияет на устойчивость и увеличение урожая.

Нулевая обработка почвы стала активно распространяться из-за эффективности результатов во многих странах мира. В Казахстане нет уверенных

выводов по ее применению, так как научные исследования ещё продолжаются.

Выбор между обрабатывающими технологиями основывается на мнениях исследователей. В.И. Двуреченский [2] отметил отрицательное влияние глубокой обработки почвы на все ее свойства от физических до биологических. После нулевой технологии плотность пахотного горизонта увеличивается до 1,3 г/см³, чем по традиционной - 1,21 [3].

Минимальные технологии используются в зависимости от исходного уровня питательных веществ в почве, обеспеченности растений влагой, способа внесения доз и форм удобрений [4]. Внесением удобрений, под традиционную и ресурсосберегающие обработки почвы, урожайность зерна увеличили от 37 до 58% [5].

За период использования нулевой технологии с 2007 по 2013 гг. производство зерна увеличилось с 8,3 до 10,2 ц/га на 36% [6].

ФАО поддерживает нулевые технологии из-за глобального потепления климата для сохранения углерода в почве [7].

Лидерами по применению технологий сберегающего земледелия являются США, Аргентина, Бразилия, Австралия, Канада [8].

Экономическая эффективность подтверждает влияние ресурсосберегающих обработок почвы на 28% в сельскохозяйственном производстве. Данные результаты получены в Краснодарском НИИСХ по озимой пшенице [9].

Минимальная обработка с разуплотнением также показывает экономию затрат на 9% и увеличение чистого дохода на 6% [10].

Таким образом, исследования влияния обработок почвы и норм

внесения удобрений на урожайность сортов озимой пшеницы является актуальным.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Полевые исследования проведены на экспериментальной базе ТОО «КазНИИЗиР», расположенной в предгорной зоне Иле Алатау.

Опыт заложили осенью после уборки сои по трем видам обработки почвы (вспашка, минимальная плоскорезная обработка и нулевая обработка почвы) и трем сортам озимой пшеницы богарного направления – Стекловидная-24; Мереке-70 и Наз с изучением: двух норм высева – 2,5 млн. (100 кг) и 3,0 млн. (125 кг) всхожих семян на гектар, трех сроков посева: 30 сентября, 15 октября, 31 октября и двух доз азотно-фосфорных удобрений: N₃₀P₆₀, N₆₀P₆₀.

Почва опытного участка светло-каштановая с высокой карбонатностью. Обеспеченность почвы легкогидролизуемым азотом – средняя, подвижным фосфором – низкая, обменным калием – высокая. В верхнем горизонте содержится до 2,02% гумуса, 0,12-0,14% валового азота.

Агротехника в опыте: перед посевом семена озимой пшеницы протравливали препаратом Дивиденд стар против головневых болезней из расчета 1,0 л/т за 1-2 дня до посева. Посев сортов озимой пшеницы проводился, согласно схеме опыта. Под озимую пшеницу внесен аммофос, согласно схеме опыта. Уход за посевами озимой пшеницы включал подкормку аммиачной селитрой в фазе кущения разными дозами в зависимости от изучаемых вариантов опытов и опрыскивание посевов в конце фазы кущения гербицидом Диален супер. Учет и уборка урожая проведены комбайнами «Сампо» и «Хеге».

В опыте проведены полевые наблюдения, учеты по методике Б.А. Доспехова [11]. Водно-физические свойства почвы – по методикам С.А. Воробьева и Н.А. Качинского с определением объемной массы и влажности почвы [12]. Учет и уборка урожая озимой пшеницы проведены, согласно методики Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [13].

Лабораторные исследования, анализы почв проведены в аккредитованной лаборатории почвоведения и агрохимии Казахского НИИ земледелия и растениеводства.

Климат. Влияние метеорологических условий на изучаемые факторы опыта в годы исследований было различным.

В первый год исследования осадков выпало больше среднемноголетней нормы на 10,1 мм. Однако по сезонам года количество выпавших осадков сильно отличалось от среднемноголетних значений. Так, если за осень и зиму выпало больше нормы соответственно на 86,5 и 52,2 мм, то за весну и лето – меньше нормы на 98,4 и 30,2 мм соответственно. Весна была более засушливой и осадков выпало меньше нормы в 5 и 3,7 раза за апрель и май соответственно.

В целом, несмотря на хорошие условия увлажнения, сложившиеся осенью предыдущего (2011) года исследования, растения испытывали острый недостаток влаги в период активной вегетации весной и летом первого

(2012) года исследований, что не могло не отразиться на результатах.

Во втором (2013) году исследований влажность была достаточной, так как зима была снежной и осадков в виде снега выпало 165,4 мм, что в 2,1 раза больше среднемноголетней нормы. На формирование достаточно высокой урожайности возделываемых культур благоприятное влияние оказали осадки, выпавшие в период налива зерна - июнь, количество которых составило 77,0 мм, что больше нормы на 23,1 мм. В целом же, первый и второй (2012-2013) годы исследований следует характеризовать, как благоприятные по условиям увлажнения: годовое количество осадков составило 590 мм, что на 175,5 мм выше среднемноголетнего показателя.

В третьем (2014) году исследований вегетационный период был засушливым, так как осенью выпало осадков около 12 мм, что в три раза меньше среднемноголетней нормы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Влажность почвы. Запас продуктивной влаги в почве в условиях полуобеспеченной богары на посевах озимой пшеницы в фазе кущения при вспашке на первом сроке посева составил 58 мм, на втором сроке – 88 мм, и на третьем сроке 96 мм, при минимальной обработке почвы на первом сроке посева составили: 60; 93; 106 мм, при прямом посеве, соответственно: 66; 96; 111 мм (рисунок 1).

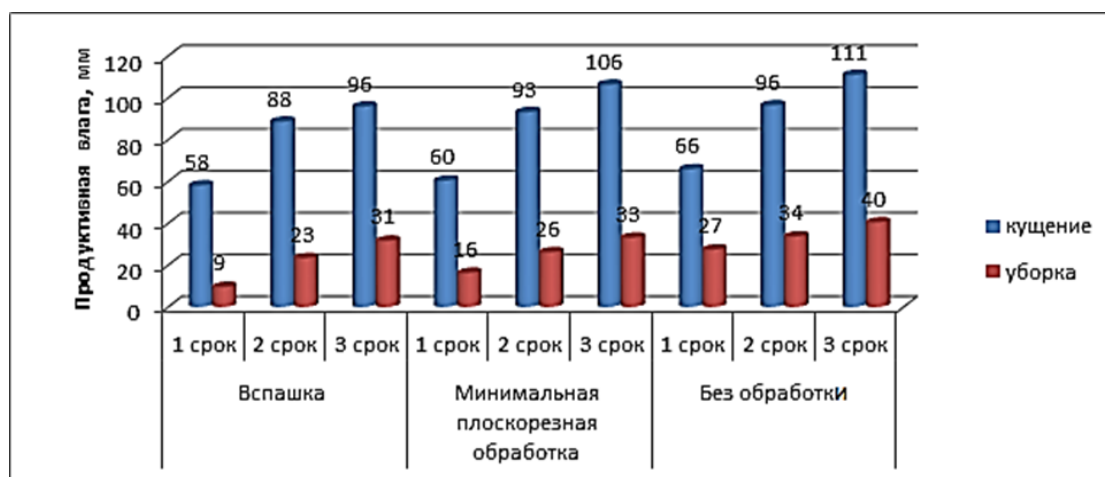


Рисунок 1 – Динамика запасов продуктивной влаги под озимой пшеницей в метровом слое почвы в зависимости от сроков посева и способов обработки почвы

К фазе уборки наблюдалось снижение продуктивной влаги за счет выпадения атмосферных осадков, по обработкам почвы влажность почвы составила, соответственно: 9,23,31; 16,26,33; 27,34,40 мм. При этом на варианте без обработки почвы наблюдалось наибольшее сохранение продуктивной влаги. В метровом слое почвы на варианте со вспашкой содержание доступной влаги было значительно ниже.

Одним из важнейших факторов повышения урожайности сельскохозяйственных культур является плотность почвы в течение вегетации. В верхней и средней части пахотного слоя по всем вариантам обработки почва была рыхлой. В нижних же горизонтах, где не проводилась обработка почвы, отмечено ее плотное сложение.

При весенней вспашке плотность в пахотном слое составила 1,29-1,31 г/см³, при минимальной обработке и прямом посеве 1,30-1,32; 1,31-1,33 г/см³ соответственно. К уборке по всем вариантам обработки почвы наблюдалось ее уплотнение до уровня 1,31-1,33 г/см³ (рисунок 2).

В среднем за три года исследований установлено, что весной наблю-

дается максимальное увлажнение и отмечается более рыхлое сложение почвы. К осени почва сильно иссушается, что приводит к уплотнению вышеуказанного слоя на 0,03-0,04 г/см³.

На богарных землях снизить отрицательное влияние засухи можно в результате применения комплекса мер, таких как: ландшафтное обустройство территорий, внедрение научно-обоснованных технологий возделывания засухоустойчивых, приспособленных к местным условиям, культур.

На землях юго-востока Казахстана из зерновых культур возделывается в основном пшеница. На формирование урожая зерна озимой пшеницы в основном влияют виды обработок, дозы удобрений, сроки, нормы высева и сорта (таблица 1).

Наибольший урожай зерна (25,2 ц/га) озимой пшеницы отмечен у сорта Наз при вспашке на глубину 20-22 см на втором сроке посева с внесением 60 кг д.в. азотных и фосфорных удобрений. У сорта Мереке-70 наибольший урожай зерна отмечен при прямом посеве с нормой высева 3,0 млн всхожих семян на гектар. При нулевой обработке наибольший урожай зерна получен на третьем сроке посева у сорта озимой

пшеницы Мереке-70 с нормой высева 3 млн. всхожих семян на гектар.

В условиях полуобеспеченной богары в среднем за три года на вариантах со вспашкой на глубину 20-22 см и минимальной обработкой почвы, оптимальным сроком посева

оказался второй с нормой высева 3 млн семян/га и внесением 60 кг д.в. азотных и фосфорных удобрений. Третий срок посева оказался оптимальным при нулевой обработке с нормой высева 3 млн семян на гектар и внесением 60 кг д.в. азотных и фосфорных удобрений.

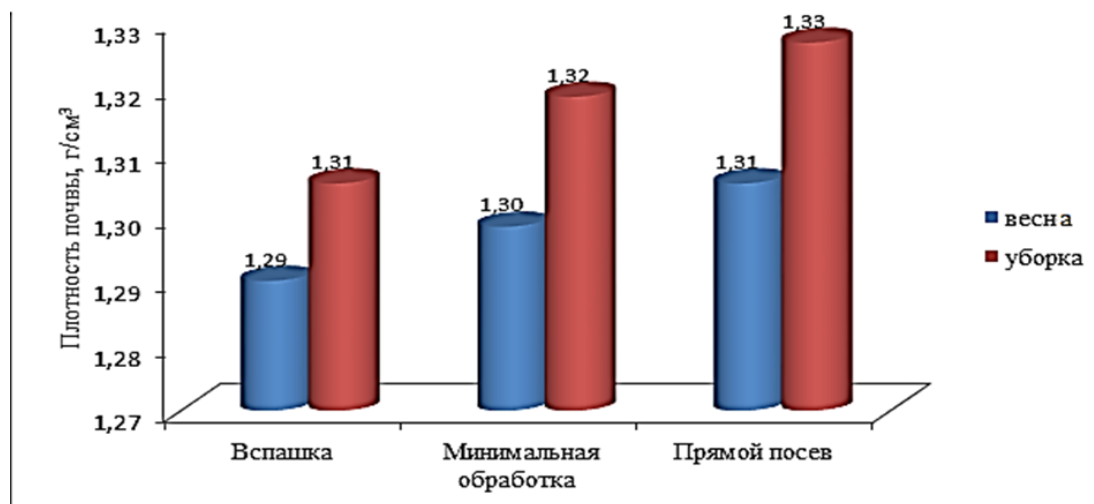


Рисунок 2 – Плотность почвы на посевах озимой пшеницы в пахотном слое (0-30 см) в зависимости от обработок почвы, г/см³

Таблица 1 – Урожайность зерна озимой пшеницы в зависимости от видов обработки почвы, сроков посева и доз внесения минеральных удобрений, ц/га

Норма высева, млн.	Дозы минеральных	Вспашка	Минимальная обработка	Прямой посев
Стекловидная-24				
2,5	1 Контроль	14,4	13,0	13,9
2,5	2 N ₃₀ P ₆₀	18,0	15,9	16,0
2,5	3 N ₆₀ P ₆₀	21,7	20,3	18,5
3	1 Контроль	14,8	14,7	15,1
3	2 N ₃₀ P ₆₀	18,7	18,6	19,0
3	3 N ₆₀ P ₆₀	21,7	21,2	22,0
HCP ₀₅		3,6	4,8	4,6

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
Наз				
2,5	1 Контроль	13,6	12,8	13,1
2,5	2 N ₃₀ P ₆₀	16,4	15,1	15,6
2,5	3 N ₆₀ P ₆₀	19,1	16,9	17,9
3	1 Контроль	10,8	9,9	9,9
3	2 N ₃₀ P ₆₀	20,0	16,1	16,2
3	3 N ₆₀ P ₆₀	22,6	18,7	19,3
HCP ₀₅		4,9	4,2	3,7
Мереке -70				
2,5	1 Контроль	13,5	12,3	13,2
2,5	2 N ₃₀ P ₆₀	16,1	14,7	16,2
2,5	3 N ₆₀ P ₆₀	20,3	18,2	18,6
3	1 Контроль	14,1	11,5	13,2
3	2 N ₃₀ P ₆₀	17,4	14,0	16,0
3	3 N ₆₀ P ₆₀	20,4	17,9	18,9
HCP ₀₅		4,5	3,9	3,5

Математическая обработка полученных данных методом многофакторного дисперсионного анализа показала, что доля участия факторов в формировании урожая зерна в условиях

полуобеспеченной богары составила: по обработкам почвы – 3,17-15,2%, срокам посева – 0,2-21,3, сортам – 3,0-34,7%, удобрениям – 14,1-17,1% (рисунок 3).

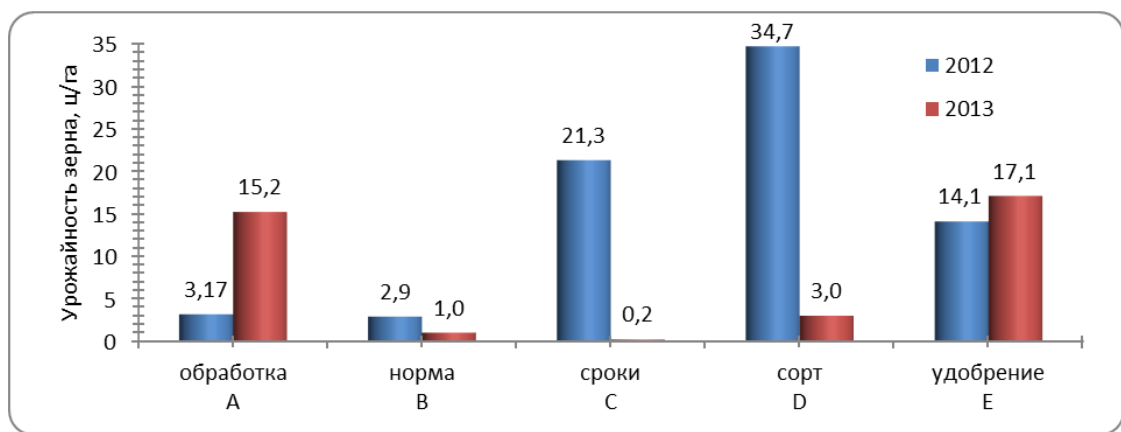


Рисунок 3 – Доля участия факторов в формировании урожая зерна озимой пшеницы, %

Таблица 2 – Структура урожая озимой пшеницы в зависимости от способов обработки почвы, сроков посева и доз минеральных удобрений в условиях богары

	Сроки посева	Нормы высева	Дозы минеральных удобрений	Высота, см	Количество раст, шт.	Количество стеблей, шт.			Озерненность колоса, шт.	Масса 1000 зерен, г	Биологический урожай, ц/га
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Вспашка	Стекловидная-24										
	1	2,5 млн	1 Контроль	68	127	303	206	24	27	13,4	
			2 N ₃₀ P ₆₀	65	127	333	197	27	34	18,1	
			3 N ₆₀ P ₆₀	55	142	306	203	26	36	19,0	
		3,0 млн	1 Контроль	60	79	285	279	16	27	12,0	
			2 N ₃₀ P ₆₀	57	88	294	176	26	32	14,6	
			3 N ₆₀ P ₆₀	60	76	364	167	24	41	16,4	
	Наз										
	2	2,5 млн	1 Контроль	55	52	179	182	18	32	10,5	
			2 N ₃₀ P ₆₀	55	133	258	176	25	34	14,9	
			3 N ₆₀ P ₆₀	50	115	242	173	22	38	14,4	
		3,0 млн	1 Контроль	53	88	233	197	16	33	10,4	
			2 N ₃₀ P ₆₀	60	100	242	130	29	39	14,7	
			3 N ₆₀ P ₆₀	50	64	288	145	26	39	14,7	
	Мереке-70										
	3	2,5 млн	1 Контроль	50	39	236	197	20	25	9,8	
			2 N ₃₀ P ₆₀	55	52	176	115	30	36	12,4	
			3 N ₆₀ P ₆₀	50	39	197	121	33	37	14,8	
		3,0 млн	1 Контроль	55	52	152	133	21	33	9,2	
			2 N ₃₀ P ₆₀	58	58	164	124	25	40	12,4	
3 N ₆₀ P ₆₀			55	48	139	124	31	38	14,6		
Мини-мальная обработка	Стекловидная-24										
	1	2,5 млн	1 Контроль	68	127	303	318	19	27	16,3	
			2 N ₃₀ P ₆₀	65	127	361	248	24	31	18,5	
			3 N ₆₀ P ₆₀	55	142	306	248	22	36	19,7	
		3,0 млн	1 Контроль	60	79	345	173	20	31	10,7	
			2 N ₃₀ P ₆₀	57	88	315	248	19	32	15,1	
			3 N ₆₀ P ₆₀	60	76	358	258	19	37	18,1	

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Минимальная обработка	2	2,5 млн	1 Контроль	55	52	179	197	21	35	14,5
			2 N ₃₀ P ₆₀	55	133	258	167	22	39	14,3
			3 N ₆₀ P ₆₀	50	115	294	191	24	37	17,0
		3,0 млн	1 Контроль	53	88	264	218	16	37	12,9
			2 N ₃₀ P ₆₀	60	100	288	242	17	38	15,7
			3 N ₆₀ P ₆₀	50	64	300	215	20	40	17,2
	3	2,5 млн	1 Контроль	45	39	155	115	23	37	9,8
			2 N ₃₀ P ₆₀	56	48	155	124	26	42	13,6
			3 N ₆₀ P ₆₀	55	33	136	167	26	39	15,0
		3,0 млн	1 Контроль	45	33	109	109	25	36	9,8
			2 N ₃₀ P ₆₀	60	76	170	115	28	39	12,6
			3 N ₆₀ P ₆₀	56	58	142	118	28	40	13,2
Прямой посев	1	2,5 млн	1 Контроль	55	88	348	191	23	37	16,2
			2 N ₃₀ P ₆₀	60	94	464	227	25	37	21,0
			3 N ₆₀ P ₆₀	65	88	330	324	25	39	31,6
		3,0 млн	1 Контроль	57	70	303	230	21	32	15,5
			2 N ₃₀ P ₆₀	65	67	303	197	24	38	18,0
			3 N ₆₀ P ₆₀	50	88	379	236	24	37	21,0
	2	2,5 млн	1 Контроль	55	115	327	161	22	37	13,1
			2 N ₃₀ P ₆₀	60	121	361	188	22	37	15,3
			3 N ₆₀ P ₆₀	62	127	333	170	25	38	16,1
		3,0 млн	1 Контроль	55	58	245	155	21	33	10,7
			2 N ₃₀ P ₆₀	55	70	309	206	22	35	15,9
			3 N ₆₀ P ₆₀	60	79	358	197	21	37	15,3
	3	2,5 млн	1 Контроль	60	24	167	142	21	35	10,5
			2 N ₃₀ P ₆₀	50	39	176	133	29	38	14,7
			3 N ₆₀ P ₆₀	50	36	158	158	26	36	14,7
		3,0 млн	1 Контроль	55	61	118	118	21	39	9,7
			2 N ₃₀ P ₆₀	60	36	152	136	24	40	13,1
			3 N ₆₀ P ₆₀	55	76	182	103	27	48	13,4

Следовательно, на формирование урожая зерна оказали влияние все изученные факторы в разной степени. По срокам посева и сортам урожайность в основном зависела от условий года, норма высева семян слабо повлияла на величину урожая зерна озимой пшеницы.

Структура урожая озимой пшеницы в зависимости от способов обработки почвы, сроков посева и влияния доз минеральных удобрений в условиях богары приведена в таблице 2.

В условиях богары после зерно-бобовых культур (предшественник соя) лучшим сроком сева является первый срок (до 10 октября).

Подсчет количества продуктивных стеблей показал, что по всем способам обработки почв количество растений колебалось по сорту Стекловидная-24 от 103 до 324, по сорту Наз от 94 до 291, а по сорту Мереке-70 от 91 до 288 штук на 1 м², высота растений колебалась по сорту Стекловидный-24 от 50-68, по сорту Наз от 42-70, а по сорту Мереке-70 от 35-80 см.

Формирование зерна колоса сортов озимой пшеницы показывает, что при вспашке озерненность колоса варьировала у сорта Стекловидная-24, Наз и Мереке-70 в пределах 16-31; 17-31; 17-31 штук соответственно, при минимальной обработке варьировала у сорта Стекловидный-24, Наз и Мереке-70 в пределах 19-28; 15-35; 15-24 штук соответственно, при прямом посеве

варьировала у сорта Стекловидный-24, Наз и Мереке-70 в пределах 21-29; 12-31; 14-31 штук соответственно.

На богаре лучший срок посева – первый (до 10 октября), оптимальная норма высева 2,5 млн/га, при этом наибольшая урожайность зерна 31,6 ц/га отмечена у сорта Стекловидная-24, а у сорта Наз – 15,8 ц/га, сорта Мереке-70 – 16,5 ц/га.

Таким образом, в среднем наибольшая урожайность зерна озимой пшеницы отмечена при прямом посеве у сорта Стекловидная-24, при первом сроке с нормой высева 2,5 млн шт на гектар на варианте N₆₀P₆₀.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях богары на вариантах со вспашкой на глубину 20-22 см и минимальной обработкой почвы оптимальным сроком посева оказался второй с нормой высева семян 3 млн. всхожих семян/га и внесением 60 кг д.в. азотных и фосфорных удобрений. Оптимальным сроком посева при нулевой обработке был третий срок с нормой высева семян 3 млн. всхожих семян/га и внесением N₆₀P₆₀.

Экономическая эффективность минимальных и нулевых технологий заключается в существенном повышении производительности труда, увеличении доходности его производства. Минимизация обработок сокращает длительность проведения работ, что в свою очередь положительно влияет на урожайность зерновых культур.

Финансирование исследований проводилось в рамках программы ИРН BR22885719 «Разработать и внедрить устойчивые системы земледелия для рентабельного производства сельскохозяйственной продукции в условиях изменяющегося климата для различных почвенно-климатических зон Казахстана».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тулайков Н.М. Избранные произведения. – М.: Сельхозиздат. - 1963. - 312 с.
2. Двуреченский В.И. Нулевые технологии: повышение эффективности производства зерна и почвенного плодородия// Агро XXI. - 2007. - №1-3. – С. 19-21.

3. Власенко А.Н., Власенко Н.Г., Коротких Н.А. Перспективы технологии No-Till в Сибири// Земледелие. - 2014. - №1. – С. 16-19.
4. Филонов В.М., Ноздрачёв Я.П. Эффективность минеральных удобрений при нулевой технологии обработки почвы// В сб. работ «Ресурсосбережение и диверсификация как новый этап развития идей А.И. Бараева о почвозащитном земледелии». - Астана-Шортанды, 2008. – С. 272-274.
5. Романенко А.А., Кильдюшкин В.М., Кулик В.А., Солдатенко А.Г., Животовская Е.Г. Плодородие чернозема, выщелоченного деградированного и продуктивность озимой пшеницы в севообороте при различных способах обработки и системах удобрений// Достижения науки и техники АПК. - 2014. - №2. – С. 8-10.
6. Кулинцев В.В., Дридигер В.К. Эффективность использования пашни и урожайность полевых культур при возделывании по технологии прямого посева// Достижения науки и техники АПК. - 2014. - №4. –С. 16-18.
7. Сулейменов М.К., Акшалов К.А., Каскарбаев Ж.А. Вопросы теории и практики ресурсосбережения в земледелии// Пленарные доклады межд. конф. «Достижения и перспективы земледелия, селекции и биологии сельскохозяйственных культур». - Алмалыбак. - 2012. – С.51-59.
8. Акшалов К.А. Охрана почв от деградации в засушливом земледелии Северного Казахстана: принцип разработки и освоения// В сб. работ «Ресурсосбережение и диверсификация как новый этап развития идей А.И. Бараева о почвозащитном земледелии». - Астана-Шортанды. - 2008. – С. 277-282.
9. Васюков П.П., Цыганков В.И., Кулик В.А. Система мульчирующей минимальной обработки почвы под озимую пшеницу// Земледелие. – 2011. -№4. – С. 19-20.
10. Васюков П.П., Цыганков В.И., Чуварлеева Г.В. Система минимальной мульчирующей обработки почвы - реальный путь сохранения плодородия Кубаньского чернозема// Земледелие. - 2014. - №3. – С. 23-24.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. - М.: Агропромиздат, 1985. - 351 с
12. Воробьев С.А., Егоров В.Е., Киселев А.Н., Долгов С.И., Доспехов Б.А. Практикум по земледелию. - М.: Колос, 1971. - 311 с.
13. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 1. - А.: КГИ МСХ РК. Алматы, ул. Баишева, 23, 2002. - 378 с.

REFERENCES

1. Tulaykov N.M. Izbrannyye proizvedeniya. – М.: Selkhozizdat. - 1963. - 312 s.
2. Dvurechensky V.I. Nulevyye tekhnologii: povysheniye effektivnosti proizvodstva zerna i pochvennogo plodorodiya// Agro XXI. - 2007. - № 1-3. – С. 19-21.
3. Vlasenko A.N., Vlasenko N.G., Korotkikh N.A. Perspektivy tekhnologii No-Till v Sibiri// Zemledeliye. - 2014. - № 1. – С. 16-19.
4. Filonov V.M., Nozdrachyov Ya.P. Effektivnost mineralnykh udobreniy pri nulevoy tekhnologii obrabotki pochvy// V sb. rabot «Resursosberezheniye i diversifikatsiya kak novyy etap razvitiya idey A.I. Barayeva o pochvozashchitnom zemledelii». - Astana-Shortandy, 2008. – S. 272-274.
5. Romanenko A.A., Kildyushkin V.M., Kulik V.A., Soldatenko A.G., Zhivotovskaya Ye.G. Plodorodiye chernozema, vyshchelochennogo degradirovannogo i produktivnost ozimoy pshenitsy v sevooborote pri razlichnykh sposobakh obrabotki i sistemakh udobreniy// Dostizheniya nauki i tekhniki APK. - 2014. - № 2. – С. 8-10.

6. Kulintsev V.V., Dridiger V.K. Effektivnost ispolzovaniya pashni i urozhaynost polevykh kultur pri vozdeleyvanii po tekhnologii pryamogo poseva// Dostizheniya nauki i tekhniki APK. - 2014. - № 4. -S. 16-18.

7. Suleymenov M.K., Akshalov K.A., Kaskarbayev Zh.A. Voprosy teorii i praktiki resursosberezheniya v zemledelii// Plenarnye doklady mezhd. konf. «Dostizheniya i perspektivy zemledeliya, selektsii i biologii selskokhozyayst-vennykh kultur». - Almalybak. - 2012. - S. 51-59.

8. Akshalov K.A. Okhrana pochv ot degradatsii v zasushlivom zemledelii Severnogo Kazakhstana: printsip razrabotki i osvoyeniya// V sb. rabot «Resurso-sberezheniye i diversifikatsiya kak novy etap razvitiya idey A.I. Barayeva o pochvozashchitnom zemledelii». - Astana-Shortandy. - 2008. - S. 277-282.

9. Vasyukov P.P., Tsygankov V.I., Kulik V.A. Sistema mulchiruyushchey minimalnoy obrabotki pochvy pod ozimuyu pshenitsu// Zemledeliye. - 2011. - №4. - S. 19-20.

10. Vasyukov P.P., Tsygankov V.I., Chubarleyeva G.V. Sistema minimalnoy mulchiruyushchey obrabotki pochvy - realny put sokhraneniya plodorodiya Kubanskogo chernozema// Zemledeliye. - 2014. - № 3. - S. 23-24.

11. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta. - M.: Agropromizdat, 1985. - 351 s

12. Vorobyev S.A., Yegorov V.E., Kiselev A.N., Dolgov S.I., Dospekhov B.A. Praktikum po zemledeliyu. - M.: Kolos, 1971. - 311 s.

13. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya selskokhozyaystvennykh kultur. Vyp. 1. - A.: KGI MSKh RK. Almaty, ul. Baisheva, 23, 2002. - 378 s.

ТҮЙІН

Г.Т. Құныпияева^{1*}, Р.Қ. Жапаев¹, С.С. Абаев¹, М.Ж. Аширбеков^{1*}, Р.Ж. Кушанова¹,
А.А. Жаппарова², Н.В. Малицкая³, Б.Б. Доскенова³

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ОҢТҮСТІК-ШЫҒЫСЫНДАҒЫ КҮЗДІК БИДАЙ СОРТТАРЫНЫҢ
ӨНІМДІЛІГІН АРТТЫРУҒА ТОПЫРАҚ ӨНДЕУДІҢ ЖӘНЕ ТЫҢАЙТҚЫШТАРДЫ ЕНГІЗУ
НОРМАЛАРЫНЫҢ ӘСЕРІ

¹«Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты»
ЖШС, 040909, Алматы облысы, Қарасай ауданы, Алмалыбақ ауылы, Ерленесов
көшесі, 1, Қазақстан, *e-mail: kunypiyeva_gulya@mail.ru, mukhtar_agro@mail.ru

²«Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті» КеАҚ, 050010, Алматы,
Абая даңғылы, 8, Қазақстан

³«М. Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті» КеАҚ, 150000,
Солтүстік Қазақстан облысы, Петропавл қаласы, Пушкин көшесі, 86, Қазақстан

Топырақты өңдеудің жаңа және ресурстарды үнемдейтін технологиялары дәстүрлі технологияларға қарағанда егіншіліктің топырақ пен табиғатты қорғау талаптарына сәйкес келеді (топырақ құрылымының бұзылуы, деградация, эрозия және т.б. процестерге қарсы). Егіншілік мәдениетінде, оның ішінде Қазақстанның суармалы өңірлеріндегі егіншілікте жер және су ресурстарын ұтымды пайдалану, сондай-ақ топырақтың әлеуетті құнарлылығын сақтау және арттыру мақсатында өсірілетін дақылдардың сорттары мен будандары үшін әлеуетті мүмкіндіктерге қол жеткізуді қамтамасыз ететін егістік дақылдарды өсіру негізінде жаңа, дәстүрлі емес тәсілдерді талап етеді. Мақалада ресурстарды үнемдейтін технологиялардың артықшылығы және олардың бұрын қолданылған дәстүрлі технологиялармен бәсекелесетін өсімдік шаруашылығы өнімдерінің сапасы мен өзіндік құнына оң әсері туралы көпжылдық эксперименттік деректер келтірілген. Біздің зерттеулеріміздің мақсаты – жоғары сапалы астықтың мол өнімін алу үшін топырақты өңдеудің тиімділігін, күздік бидайдың әртүрлі сорттарының тұқым себу нормасын және тыңайтқыштарды қолданудың әсерту дозасын анықтау. Қазақстанның

оңтүстік-шығысындағы ылғалмен жартылай қамтамасыз етілген аймақтарда 20-22 см тереңдікке жер жырту және топырақты минималды өңдеу жағдайында дән себудің оңтайлы мерзімі гектарына 3 миллион дана өнгіш тұқым себу нормасымен және әр гектарға 60 кг ә.з. нормада азот және фосфор тыңайтқыштарын енгізумен ерекшеленді. Топырақты нөлдік өңдеумен дән себудің оңтайлы мерзімі гектарына 3 миллион дана өнгіш тұқым себу нормасымен және әр гектарға 60 кг ә.з. азот және фосфор минералды тыңайтқыштарын енгізумен ерекше болды.

Түйінді сөздер: топырақты өңдеу, тікелей себу, топырақ тығыздығы, өнімді ылғал, күздік бидайдың сорттары, тыңайтқыш, астық жинау.

SUMMARY

G.T. Kunyapiyeva^{1*}, R.K. Zhapaev¹, S.S. Abayev¹, M.ZH. Ashirbekov^{1*},

R.Zh. Kushanova¹, A.A. Zhapparova², N.V. Malitskaya³, B.B. Doskenova³

THE IMPACT OF SOIL TREATMENTS AND FERTILIZER APPLICATION RATES ON
INCREASING THE YIELD OF WINTER WHEAT VARIETIES IN SOUTHEASTERN
KAZAKHSTAN

¹*«Kazakh Scientific Research Institute of Agriculture and Crop Production» LLP,
040909, Almaty region, Karasai district, Almalybak village, Yerlepesova street, 1,
Kazakhstan, *e-mail: kunyapiyeva_gulya@mail.ru, mukhtar_agro@mail.ru*

²*«Kazakh National Agrarian Research University» Non-profit Joint stock Company,
050010, Almaty, Abaya ave., 8, Kazakhstan.*

³*M. Kozybaev Norn-Kazakhstan University, 150000, North Kazakhstan region,
Petrovsk city, Pushkin Street, 86, Kazakhstan*

New and resource-saving tillage technologies meet the requirements of soil and environmental agriculture to a greater extent than traditional ones (soil structure disturbance, degradation, erosion, etc. are excluded). In agricultural culture, including in irrigated agriculture of irrigated regions of Kazakhstan, new, non-traditional approaches based on the cultivation of field crops are required, ensuring the achievement of potential opportunities for varieties and hybrids of cultivated crops, with the aim of rational use of land and water resources, as well as preserving and increasing potential soil fertility. The article provides long-term experimental data on the advantages of resource-saving technologies and their positive impact on the quality and cost of crop production, which compete with previously used traditional technologies. The purpose of our research is to determine the effectiveness of tillage, the seeding rate of different varieties of winter wheat and the dose of fertilizers to obtain a high yield of grain with the best qualities. In the conditions of semi-secured bogara in the south-east of Kazakhstan, plowing to a depth of 20-22 cm and minimal tillage turned out to be the optimal sowing period for the second with a seed sowing rate of 3 million. germinated seeds per hectare and with the addition of 60 kg of nitrogen and phosphorus fertilizers. The optimal sowing period with zero tillage was the third with a seed sowing rate of 3 million. germinated seeds per hectare and with the addition of 60 kg of nitrogen and phosphorus fertilizers.

Keywords: tillage, direct seeding, soil density, productive moisture, winter wheat varieties, fertilizer, grain yield.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. Куныпияева Гуля Тлеужанқызы - старший научный сотрудник лаборатории «Земледелие», кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8606-765>, e-mail: kunyapiyeva_gulya@mail.ru

2. Жапаев Рауан Кайтбекович - заведующий лабораторией «Земледелие», кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3951-6779>, доцент, e-mail: r.zhapaev@mail.ru

3. Абаев Серик Сарыбаевич - кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель Председателя Правления по инновациям, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0312-0238>, e-mail: serikabayev@mail.ru

4. Аширбеков Мухтар Жолдыбаевич – старший научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8843-6516>, e-mail: mukhtar_agro@mail.ru

5. Жаппарова Айгуль Абсултановна - профессор кафедры «Почвоведение, агрохимия и экология», кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0103-5059>, e-mail: aigul7171@inbox.ru

6. Кушанова Рыстай Жармагалиевна - старший научный сотрудник лаборатории масличных культур, доктор PhD, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6003-9298>, e-mail: kizkushanova22@mail.ru

7. Малицкая Наталья Владимировна - доцент кафедры «Агрономия и лесоводство», кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4382-2357>, e-mail: natali_gorec@mail.ru

8. Доскенова Бану Бейсеновна - заведующая кафедрой «География и экология», кандидат биологических наук, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7369-0987>, e-mail: bdoskenova@mail.ru

ГРНТИ 68.33.29

DOI:10.51886/1999-740X_2025_2_72

**А.Д.Малимбаева^{1*}, Б.М. Амангалиев¹, Е.К. Жусупбеков¹, М. Батырбек¹,
А.М. Солтанаева¹, А.М. Сагимбаева¹, К.У. Рустемова¹, Ж.О. Ошакбаева²,
Г.О. Баядилова³**

**ВЛИЯНИЕ ТРАДИЦИОННЫХ И ИННОВАЦИОННЫХ УДОБРЕНИЙ НА
ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО В УСЛОВИЯХ БОГАРЫ ЮГО-ВОСТОКА
КАЗАХСТАНА**

¹Казахский научно-исследовательский институт земледелия и
растениеводства, 040909, Алматинская область, Карасайский район, село
Алмалыбак, ул. Ерлеспесова, 1, Казахстан, *e-mail: malimbaeva1903@yandex.ru

²Костанайский инженерно-экономический университет имени М. Дулатова,
110000, Костанай, ул. Чернышевского, 59, Казахстан

³Казахский национальный аграрный исследовательский университет,
050006, Алматы, пр. Абая, 8, Казахстан

Аннотация. Исследований по изучению эффективности микроудобрений, комплексных удобрений с хелатными формами микроэлементов, биоудобрений и их сочетаний в посевах полевых культур в юго-восточном регионе проведено очень мало, а по льну масличному почти отсутствуют. Их использование в сельскохозяйственном производстве региона рассматривается как дополнительный резерв в получении высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. В связи с этим нами проведены экспериментальные исследования на светло-каштановой богарной почве, в зоне недостаточного увлажнения Алматинской области. Целью исследований являлось изучение действия традиционных и инновационных удобрений и их сочетаний в баковой смеси; комплексных удобрений с хелатными формами микроэлементов марки 13-40-13; 12-12-36; 3-11-38, и биоудобрения Терра Сорб Комплекс для предпосевной обработки семян и некорневых подкормок на продуктивность льна масличного. Результаты исследований показали, что количество семян в коробочке было наилучшим в варианте фон + 4 листовые обработки баковая смесь с МАКРО+МЭ и варианте фон + 4 листовые обработки NPK с МЭ (марки: 13-40-13; 12-12-36; 3-11-38) и превышало вариант без применения удобрений (контроль) на 2,1 шт. Среди изучаемых видов, форм, способов, сроков и сочетаний удобрений наибольшую массу 1000 семян обеспечило применение 3-х и 4-х листовых обработок баковой смесью макроудобрений с микроудобрениями и 3-4-х листовых обработок комплексным удобрением с хелатными формами микроэлементов марки: 13-40-13; 12-12-36 и марки: 13-40-13; 12-12-36; 3-11-38 по фону минеральных удобрений и предпосевной обработки биоудобрением Терра Сорб Комплекс по 7.2 г. Наибольший сбор семян льна масличного сорта Карабалыкский 7 получен на варианте фон + 4 листовые обработки баковая смесь с МАКРО+МЭ, варианте фон + 4 листовые обработки NPK с МЭ (марки: 40-13-40; 12-12-36; 3-11-38), варианте фон + 3 листовые обработки МАКРО+МЭ+БИО удобрение, вариант фон + 4 листовые обработки NPK с МЭ+ БИО удобрение 0,89 т/га, а прибавка относительно контроля составила 0,17 т/га или 19,2 %. При определении качества урожая льна масличного установлено, что лучшие показатели жира получены при применении 4-кратной листовой обработки комплексным удобрением с хелатными формами микроэлементов марки: 40-13-40; 12-12-36; 3-11-38 по фону удобрений – 42,0 %, а протеина – при использовании 4-х листовых обработок баковой смесью с макро- и микроудобрениями на удобренном фоне – 28,4 %.

Ключевые слова: лен масличный, традиционные и инновационные удобрения, микроэлементы, биоудобрение, урожайность.

ВВЕДЕНИЕ

В современной земледелии для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур недостаточно применение только одних минеральных удобрений, но и требуется использование микроудобрений, комплексных удобрений с хелатными формами микроэлементов, биоудобрений и др. Одним из эффективных и простых способов применения микроудобрений является предпосевная обработка семян. Она обеспечивает растения микроэлементами в самом начале роста, способствует активизации физиологических и биохимических процессов в прорастающем семени. Для этой цели используют соли микроэлементов [1-5].

Современные микроудобрения хорошо растворимы в воде, обладают пролонгированным действием, могут применяться совместно со средствами защиты растений. Обеспечивая растения необходимыми элементами питания, повышая их иммунитет, они безопасны для окружающей среды и просты в применении [6, 7].

В настоящее время микроэлементы применяют в земледелии в основном в форме хелатов. Хелатные соединения упрощают процесс усвоения растениями микроэлемента, потому что они по своему устройству и свойствам близки к естественным для живых организмов соединениям. Органическая оболочка хелата способна проникать сквозь восковое покрытие листа внутрь, где хелат отдает питательные элементы растению, неорганический элемент не может в такой же мере пройти сквозь защитную оболочку [8, 9].

Исследованиями ученых и практикой земледелия установлено, что комплексные водорастворимые удобрения и биологические удобрения оказывают положительное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур. В создании для растений

оптимальных условий питания в течение всего вегетационного периода необходимо правильное сочетание основного удобрения и подкормок [10].

Действие листовых удобрений в некорневых подкормках базируется на быстром включении в метаболизм основных элементов питания и их влиянии на основные обменные процессы, независимо от корневой системы. Эффект существенного повышения урожайности связан с повышением корневого усвоения элементов питания на 10-15% [11-13].

Баковые смеси из водорастворимых простых и комплексных удобрений готовят с учетом потребности элементов питания культур в определенные этапы органогенеза. Набор питательных элементов регулируется в зависимости от биологических потребностей культуры в ответственные периоды роста и развития. Они могут применяться совместно с пестицидами и снижать их стрессовое воздействие на растения, не влияя на их эффективность. Смешивая различные виды и формы удобрений в баковых смесях, можно воздействовать на содержание белков, сахаров и жиров в генеративных органах растений [14, 15].

Биоудобрения или биопрепараты органической природы (на основе морских водорослей, биогумуса т.д.) это специальные антистрессовые удобрения с высоким содержанием разных аминокислот. Применение их помогает растениям преодолевать стрессовые ситуации, стимулирует метаболизм и усвоение питательных веществ, при этом существенно повышая урожайность и качество сельхозпродукции даже в неблагоприятных условиях окружающей среды [16].

Протасова Н. А., Щербаков А. П. считают, что внекорневая подкормка не заменяет основного внесения удобрений, но в ряде случаев она выступает как единственно возможный дополни-

тельный источник элементов минерального питания. Листья быстро поглощают азот, фосфор, калий, магний, а также микроэлементы, которые либо непосредственно включаются в синтез органических веществ, либо переносятся в другие органы растений и используются во внутриклеточном обмене, оказывая положительное влияние на важнейшие физиологические процессы [17].

Листовая подкормка нашла применение в производственной практике на многих культурах и в разных климатических условиях Европы, Австралии, Америки, Южной Африки и России. Результативность листовой подкормки в зависимости от точности попадания в критическую фазу полевых культур позволяет увеличить урожай на 11-18 % и более [18].

Перспективным направлением в интенсивном земледелии возделывания сельскохозяйственных культур становится внедрение в производство новых инновационных удобрений: комплексных удобрений с хелатными формами микроэлементов, приготовление сбалансированной по набору питательных элементов баковой смеси с водорастворимыми удобрениями, а также биоудобрения органической природы. В связи с этим впервые в условиях юго-востока Казахстана на светло-каштановой богарной почве в полевом эксперименте разработаны эффективные приемы и способы (обработка семян, листовая подкормка) применения традиционных (аммофос, мочевины, калий сернокислый) и инновационных удобрений (комплексные удобрения с хелатами микроэлементов, марки: 13-40-13; 12-12-36; 3-11-38; сбалансированные по питательным элементам баковые смеси с удобрениями (карбамид + сульфат магния + монокалий фосфат + бортрак 150 + цинтрак 700 и биоудобрение Терра Сорб Комплекс) для льна масличного.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальные исследования проводились на опытном поле площадью 5,5 га на посевах льна масличного. Почвенный покров богарного участка представлен светло-каштановой почвой среднесуглинистого состава и среднемощным гумусовым горизонтом (46-52 см), сформированной из почвообразующих пород – лессовидных суглинков и глин.

Почва опытного участка содержит в пахотном слое общего гумуса - 1,60-1,90%. Содержание общего азота составляет 0,15%, общего фосфора - 0,21 %, общего калия - 1,67%. Реакция почвенной среды пахотного горизонта слабощелочная и среднешелочная от 7,8 до 8,2%. Предшественником льна масличного был яровой ячмень. Посев проводили в оптимальные сроки (1-5 апреля) сеялкой Агромастер с нормой высева 40 кг/га. Глубина заделки семян - 2-3 см.

В опыте применялись различные виды, формы, способы и сроки удобрения: минеральные удобрения, в частности мочевины (N-46%), аммофос (N-12%, P-52%) и сернокислый калий (K-50%) вносились весной до посева под культивацию, аммофос (N-12%, P-52%) и сернокислый калий (K-50%) осенью под основную обработку почвы (вспашка на 20-22 см) по 60 кг действующего вещества удобрения.

Для обработки семян применяли биоудобрение Терра Сорб Комплекс, содержащий свободные аминокислоты - 20,0 %, орг. азот - 5%, общий азот - 5,5 %, В - 1,5 %, Mn - 0,1 %, Cu - 0,25 %, Zn - 0,1 %, Fe - 1%, Mg - 0.8 %, Mo - 0,001 %, общее органическое вещество - 25 % в норме 4,5 л/т и для некорневой подкормки в дозе 2 л/га.

Для внекорневой обработки семян готовилась баковая смесь, состоящая из следующих макро- и микроудобрений: мочевины карбамид (N - 46,2%) в дозе 5 кг/га, сульфат магния (Mg -16%, SO₃-

32%) в дозе - 1 кг/га, монокалий фосфат (P_2O_5 - 52%, K_2O - 34%) - 1 кг/га или сульфат калия (K_2O - 51%, SO_4 - 45%), бортрак 150 (В - 11%, N - 4,7% + адъюванты), цинтрак 700 (Zn - 40%, N - 1% + адъюванты) в дозе 0,1 кг/га.

Также для внекорневой обработки растений применяли комплексные удобрения с хелатными формами микроэлементов марки 13-40-13; 12-12-36; 3-11-38 в дозе 2 кг/га.

Варианты опыта:

1. Контроль (без удобрений)
2. N60P60K60
3. N60P60K60 + обработка семян - фон
4. Фон + 3 листовые обработки Баковой смесью с МАКРО+МЭ (Фон+3.ЛО МАКРО+МЭ)
5. Фон + 4 листовые обработки Баковой смесью с МАКРО+МЭ (Фон+4.ЛО МАКРО+МЭ)
6. Фон + 3 листовые обработки БИОудобрение (Фон+ОС+3.ЛО БИО)
7. Фон + 4 листовые обработки БИОудобрение (Фон+ОС+4.ЛО БИО)
8. Фон + 3 листовые обработки НРК с МЭ (марки: 13-40-13; 12-12-36)
9. Фон + 4 листовые обработки НРК с МЭ (марки: 13-40-13; 12-12-36; 3-11-38)
10. Фон + 3 листовые обработки МАКРО+МЭ+БИОудобрение
11. Фон + 4 листовые обработки МАКРО+МЭ+БИОудобрение
12. Фон + 3 листовые обработки НРК с МЭ+ БИОудобрение
13. Фон + 4 листовые обработки НРК с МЭ+ БИОудобрение

Опыт развернут в пространстве и во времени, повторность трехкратная, расположение делянок систематическое, варианты в повторениях размещены рендомизировано. Площадь опытной делянки составляет 25 м². В ответственные фазы роста и развития растений (5-6 листьев), начало «елочки» (8-9 листьев), «елоч-

ка» (бутонизация, цветение) применялись листовые подкормки.

Анализ отдельных агрохимических показателей растений, содержания основных элементов питания в почве проводили по соответствующим ГОСТам и общепринятым методикам [19] в аккредитованной лаборатории № KZ.T.04.1405 от 29 ноября 2023 г.).

В лаборатории технологической оценки зерна в растительных образцах определяли следующие показатели качества: содержание протеина - методом Къельдаля (ГОСТ 10846-91) и ИК - спектроскопически (FOSS), жира - ИК-спектроскопия.

Статистическая и математическая обработки полученных экспериментальных данных проведена по программе STATISTICA-6 и по Доспехову Б.А. [20].

Для защиты льна масличного от сорной растительности в фазе елочки проводили опрыскивание баковой смесью Самурай супер в норме 540 г/га и Гербитокс с нормой 0,54 л/га.

Структуру урожая льна масличного определяли в соответствии с методикой проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами [21].

Уборку и учет урожая льна масличного проводили по делянкам селекционным комбайном «Winters-teiger Delta».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты лабораторных анализов свидетельствуют, что светло-каштановая почва опытного участка отличалась низким исходным содержанием гумуса в 0-30 см слое от 1,53 % до 1,86 %. Перед посевом льна масличного наибольшее его количество отмечено в варианте 13 (4-х листовых обработок с Макро+МЭ+ БИОудобрение) и варианте 12 (3-х листовых обработок с МАКРО+МЭ+БИОудобрение) по фону

минеральных удобрений и предпосевной обработки семян биоудобрением Терра Сорб Комплекс.

Средние значения наблюдались в варианте 8 (Фон + 3 листовые обработки NPK с МЭ) - 1,69%, варианте 10 (Фон + 3 листовые обработки NPK с МЭ+ БИОудобрение) - 1,68%, варианте 10 (Фон + 3 листовые обработки БИОудобрение), варианте 4 (Фон + 3

листовые обработки с МАКРО+МЭ) и варианте 1 ($N_{60}P_{60}K_{60}$) - по 1,64 %. Низкое содержание гумуса было на варианте 9 (Фон + 4 листовые обработки NPK с МЭ), варианте 5 (Фон + 4 листовые обработки с МАКРО+МЭ), варианте 13 (Фон + 4 листовые обработки БИОудобрение), фоновом варианте 2 и варианте 1 без внесения удобрений и варьировали от 1,52 до 1,54% (рисунок 1).

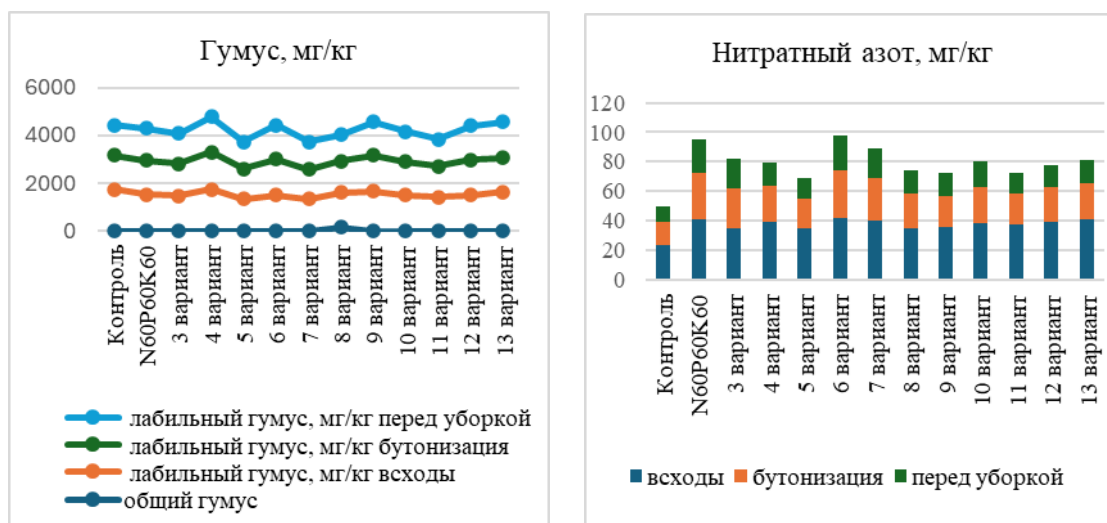


Рисунок 1 – Исходное содержание общего и лабильного гумуса и динамика содержания нитратного азота в 0-30 см слое почвы в период вегетации льна масличного в зависимости от применения различных видов и сочетаний удобрений, мг/кг

Лабораторные исследования показали, что содержание лабильного гумуса в почве не зависело от внесения минеральных удобрений и использования листовых подкормок микроудобрениями, комплексными удобрениями с хелатными формами микроэлементов, биоудобрениями и их сочетаний в период вегетации льна масличного. Его количество в почве в течении всей вегетации культуры было низким и изменялось от 1120 мг/кг до 1730 мг/кг.

Наибольшее содержание лабильного гумуса в почве отмечались в начале вегетации льна масличного в пределах 1330-1730 мг/кг по всем вариантам

опыта. К середине вегетации культуры, в фазу бутонизации льна масличного его количество в почве больше снизилось на контроле на 295 мг/кг, в вариантах 2-3 с применением минеральных удобрений на 120-140 мг/кг, вариантах 4-13 листовых обработок с применением баковой смеси макроудобрений с микроудобрениями, комплексных удобрений с хелатными формами микроэлементов, комплексных удобрений с микроудобрениями и биоудобрением на фоне минеральных удобрений с предпосевной обработкой семян на 25-170 мг/кг. К уборке содержание лабильного гумуса в почве уменьшилось на

контрольном варианте до 1250 мг/кг, на вариантах внесения минеральных удобрений 1-2 - до 1250-1350 мг/кг и вариантах 4-13 с использованием листовых подкормок посевов льна масличного на фоне почвенного применения минеральных удобрений и биоудобрения до 1120-1480 мг/кг.

Следовательно, за вегетативный сезон льна масличного наибольшие уменьшения наблюдались в варианте без внесения удобрений 1- на 480 мг/кг и в основном незначительными различиями в вариантах 2-3 с применением минеральных удобрений на 160-230 мг/кг, вариантах 4-13 с использованием листовых подкормок льна масличного по фону минеральных удобрений и биоудобрения на 80-340 мг/кг (рисунок 1).

Содержание нитратного азота в почве от начала вегетации к уборке льна масличного снижалась по всем изучаемым агроприемам. При этом обеспеченность почвы этим элементом в течении вегетации культуры была на уровне очень низкой и низкой обеспеченности 11-41 мг/кг из-за его вымывания в глуболежащие слои в результате выпадения атмосферных осадков в весенне-летний период. Наименьшие количества нитратного азота в почве наблюдались на контроле и в фазу всходов, которые составили 23 мг/кг, фазу бутонизации - 16 мг/кг, перед уборкой урожая льна масличного - 11 мг/кг. Допосевное внесение мочевины 60 кг/га действующего вещества обеспечивало повышение содержания макроэлемента в почве по сравнению с контролем в начале вегетации на 12-18 мг/кг. В фазу бутонизации количество нитратного азота в почве на удобренных вариантах уменьшилось до 20-32 мг/кг и к уборке до 14-23 мг/кг, но превышало контроль соответственно на 4-16 мг/кг и 3-12 мг/кг (рисунок 1).

Экспериментальные данные, представленные на рисунке 2 свидетельствуют, что динамика подвижного

фосфора в вегетационный период льна масличного была аналогичной динамике нитратного азота. Содержание данного элемента в фазу всходов на контрольном варианте была по градации Б. П. Мачигина средней по уровню обеспеченности - 23 мг/кг, фазу бутонизации снизилась, но оставалась средней - 16 мг/кг и к уборке культуры уменьшилось до низкого значения - 11 мг/кг.

Внесение осенью аммофоса в норме P_{60} повысило количество подвижного фосфора в почве в начале вегетации в вариантах 2-3 с минеральными удобрениями до повышенного уровня 34-35 мг/кг и вариантах 4-13 с листовыми обработками посевов льна масличного на фоне минеральных удобрений и предпосевной обработки семян биоудобрением до 33-40 мг/кг также повышенного содержания. К фазе бутонизации культуры показатели этого элемента питания уменьшились в варианте без применения удобрения до 20 мг/кг, оставаясь в среднем количестве, в варианте с $N_{60}P_{60}K_{60}$, уменьшились до 29 мг/кг и фоновом варианте до 28 мг/кг, переходя из группы почвы с повышенной обеспеченности до средней.

За межфазный период всходы-бутонизация содержание подвижного фосфора в почве в вариантах 4-13 с листовыми подкормками посевов льна масличного на фоне минеральных удобрений и биоудобрения для предпосевной подкормки семян сократилось до 29-36 мг/кг уровня средней и повышенной обеспеченности. Ко времени уборки льна масличного содержание подвижного фосфора в почве уменьшилось по всем изучаемым агроприемам, при этом в вариантах с удобрениями его оставалось больше, чем в контрольном варианте на 7-15 мг/кг. (рисунок 2).

Изучение калийного состояния почвы показало, что содержание обменного калия под посевом льна

масличного при осеннем внесении сернокислого калия в норме 60 кг действующего вещества на гектар было наиболее значительным в фазу всходов и составило в варианте с удобрениями 302-328 мг/кг при контроле 271 мг/кг. К фазе бутонизации льна масличного наибольшее снижение его количества в почве отмечалось в варианте с минеральными удобрениями на 37 мг/кг, затем на фоновом варианте на 30 мг/кг и наименьшее варианте контроля на 28 мг/кг. Значительное уменьшение обменного калия в почве в указанную фазу развития растений наблюдалось при использовании 3-х и 4-х листовых обработок баковой смесью с макро и микроудобрениями соответственно на 49 мг/кг и 31 мг/кг и 3-х и 4-х кратных опрыскиваний биоудобрениями по

фону внесения минеральных удобрений и предпосевной обработки семян биоудобрением на 52 мг/кг и 31 мг/кг. В варианте с 3-мя и 4-мя листовыми обработками с макро- и микроудобрениями и с биоудобрением его количество в почве снизилось на 38 мг/кг и 29 мг/кг и на 41 мг/кг и 36 мг/кг на фоне минеральных удобрений и биоудобрения. К уборке льна масличного величины этого показателя были минимальными и на контрольном варианте составила 212 мг/кг и в вариантах с удобрениями изменялось в диапазоне 241-280 мг/кг. Обеспеченность почвы обменным калием в течение всей вегетации льна масличного было на уровне средней и повышенной степени (рисунок 2).

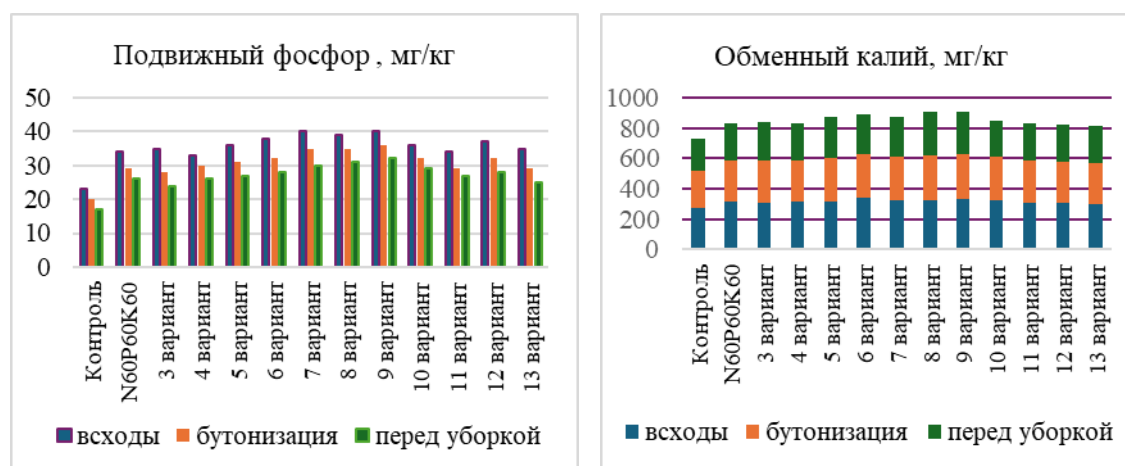


Рисунок 2 – Динамика содержания подвижного фосфора и обменного калия в 0-30 см слое почвы в период вегетации льна масличного в зависимости от применения различных видов и сочетаний удобрений, мг/кг

Сложившиеся благоприятные условия увлажнения почвы в период вегетации льна масличного и применение баковой смеси из макро- и микроудобрений, комплексных удобрений с хелатными формами микроэлементов, биологического удобрения Терра Сорб Комп-

лекс, минеральных удобрений положительно повлияли на формирование основных показателей элементов структуры урожая. Исследования показали, что они повышали густоту стеблестоя растений льна масличного по сравнению с вариантом без их внесения (конт-

роль). Значительная густота стояния растений наблюдалась при применении 3-х и 4-х листовых обработок баковой смесью из макро- и микроудобрений и 3-х и 4-х листовых обработок комплексным удобрением с хелатными формами микроэлементов (марки: 13-40-13; 12-12-36) и (марки: 13-40-13; 12-12-36; 3-11-38) на фоне предпосевной обработки семян и обработки посевов биоудобрением Терра Сорб Комплекс в пределах 292-296 шт./м². В вариантах с 3-мя и 4-мя листовыми обработками с применением макроудобрений с микроудобрением и с биоудобрением на фоне предпосевной обработки семян и обработки посевов биоудобрением густота растений уменьшалась также незначительно и было существенно выше контроля на 40-41 шт./м². Незначительно повлияли на сохранность растений 3-х и 4-х кратные внесения данного биоудобрения по фону минеральных удобрений и биоудобрения, минеральных удобрений с предпосевной обработкой семян биоудобрением Терра Сорб Комплекс, только на вариантах минеральных удобрений превышала контроль на 6-13 шт./м².

На удобренных вариантах количество коробочек на одном растении изменялось от 10,2 шт. до 17,9 шт. Наименьшее их количество наблюдалось в контрольном варианте 9,1 шт. В вариантах с некорневыми обработками заметно было преимущество количества коробочек на одном растении, с колебаниями 12,5-17,9 шт., тогда как на контроле было 9,1 шт. В варианте только одних минеральных удобрений

и варианте минеральных удобрений с предпосевной обработкой семян биоудобрением Терра Сорб Комплекс отмечалось незначительное превышение контроля по количеству коробочек на одно растение.

Более заметное действие листовых обработок с применением баковой смеси макроудобрений с микроудобрениями, комплексных удобрений с хелатными формами микроэлементов, комплексных удобрений с микроудобрениями и биоудобрением на фоне минеральных удобрений с предпосевной обработкой семян указанным биоудобрением проявилось на количество образовавшихся семян в коробочке и было больше контроля на 1,1-2,2 шт. (рисунок 3).

В варианте с использованием макроудобрений с микроудобрениями и биоудобрением и варианте с биоудобрением по удобренным фонам количество семян в коробочке было несущественно выше контроля на 0,6-0,9 шт. В варианте с внесением минеральных удобрений и фоновом варианте их количество было значительно меньше по сравнению с контролем.

Варианты листовых подкормок льна масличного на фоне внесения минеральных удобрений в почву и предпосевной обработки семян биоудобрением Терра Сорб Комплекс формировали тяжеловесные семена по отношению с вариантом без применения удобрений. По вариантам минеральных удобрений масса 1000 семян была одинаковой и превышала вариант без удобрений (контроль) на 1,0 г (рисунок 3).

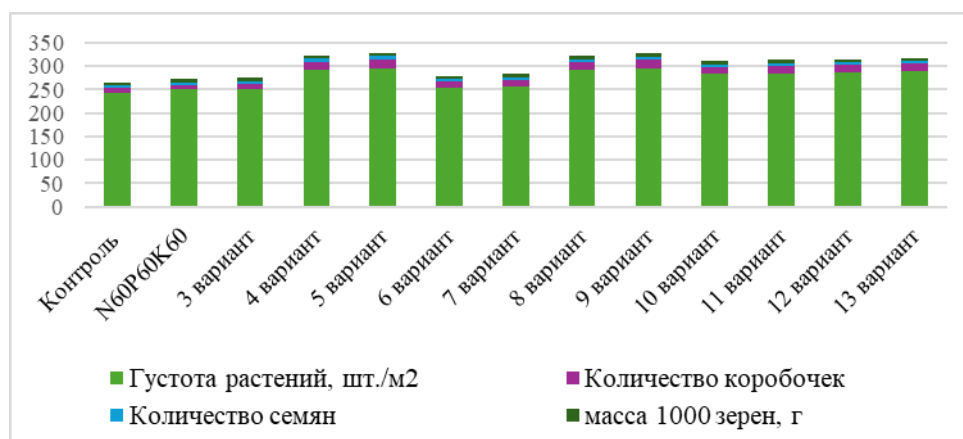


Рисунок 3 – Показатели элементов структуры урожая льна масличного сорта Карабалыкский 7 в зависимости от применения различных видов, форм, способов, сроков и сочетаний удобрений

Исследуемые показатели структуры урожая оказали решающее влияние на уровень урожайности льна масличного в условиях богары. Наименьший сбор семян этой культуры сорта Карабалыкский 7 получен при возделывании ее без удобрений – 0,72 т/га, а применение удобрений повышало его до 0,75-0,89 т/га. Лен масличный хорошо реагирует на проведение листовых обработок. Применение комплексных удобрений с хелатными формами микроэлементов, комплексных удобрений с микроудобрением и биоудобрением, 4-кратной листовой обработкой баковой смесью из макроудобрений и микроудобрений на фоне минеральных удобрений и предпосевной обработки семян биоудобрением Терра Сорб Комплекс увеличивали сбор семян до 0,86-0,89 т/га, а прибавка по сравнению с контролем составила 0,14-0,17 т/га или 16,3-19,2 % (рисунок 3). Варианты 3-х и 4-х листовых обработок только данным биопрепаратом и 3-кратной листовой обработкой баковой смесью макроудобрений с микроудобрений на фоне минеральных удобрений и предпосевной обработки семян биоудобрением обеспечили небольшой

сбор семян в пределах 0,81-0,83 т/га. Среди удобренных вариантов применение минеральных удобрений отдельно и в сочетании с предпосевной обработкой семян биоудобрением обеспечивала минимальные сборы семян и составила 0,75 т/га и 0,78 т/га, а прибавки составили 0,03 т/га и 0,06 т/га или 4,0 % и 7,7 % по отношению к контролю (рисунок 4).

Подкормка посевов различными удобрениями на фоне применения минеральных удобрений и предпосевной обработки семян биоудобрением Терра Сорб Комплекс повышала содержание жира в семенах льна масличного по сравнению с контролем на 0,9-2,2 %. Наибольшие количества жира в семенах обеспечивали вариант фон + 3 листовые обработки NPK с МЭ (марки: 40-13-40; 12-12-36) и вариант фон + 4 листовые обработки NPK с МЭ (марки: 40-13-40; 12-12-36; 3-11-38) соответственно 41,5 % и 42,0 %. Также существенно содержание жира в семенах возрастало в варианте фон + 3 листовые обработки МАКРО+МЭ+БИОудобрение и варианте фон + 4 листовые обработки МАКРО+МЭ+БИОудобрение до 41,2 % и 41,3 (рисунок 4).

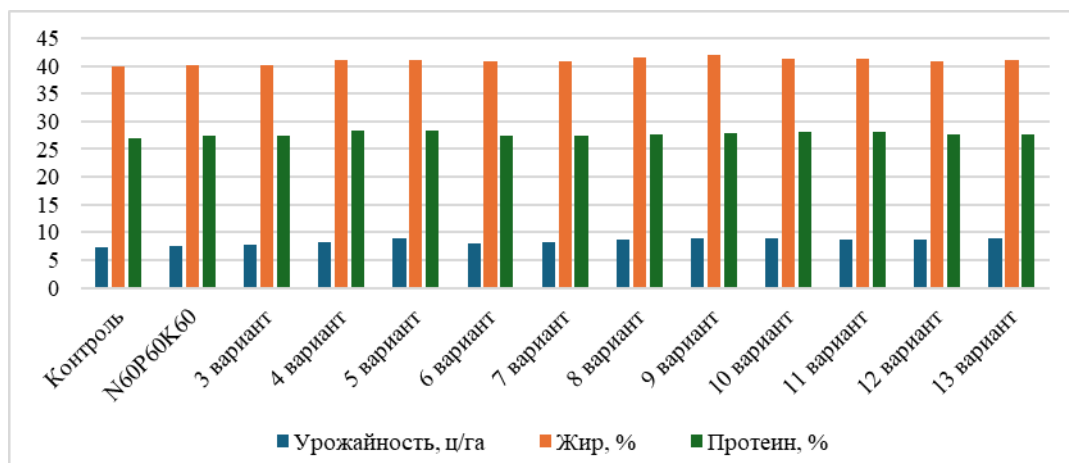


Рисунок 4 – Продуктивность льна масличного сорта Карабалыкский 7 в зависимости от применения различных видов, форм, способов, сроков и сочетаний удобрений

Остальные варианты листовых обработок на фоне внесения минеральных удобрений и предпосевной обработкой семян данным биоудобрением увеличивали количество жира в семенах относительно контроля на 0,9-1,3 %. Незначительные повышения жира в семенах отмечались по сравнению с контролем в варианте N₆₀P₆₀K₆₀ и варианте N₆₀P₆₀K₆₀ + обработка семян на 0,3-0,4 %.

Листовые обработки посевов способствовали накоплению протеина в семенах льна масличного и наибольшее их содержание наблюдалось при применении 3-х и 4-х обработок баковой смесью, состоящая из макроудобрений и микроудобрений на фоне минеральных удобрений и обработки семян данным биоудобрением соответственно 28,3 % и 28,4 %. Значительное содержание протеина в семенах льна масличного обеспечивали варианты фон + 3 листовые обработки МАКРО+МЭ+БИОудобрение и фон + 4 листовые обработки МАКРО+МЭ+БИОудобрение, прибавки его по сравнению с контролем составили 1,1 % и 1,2 %. Вариант фон + 3 листовые обработки NPK с МЭ (марки: 40-13-40; 12-12-36), вариант фон + 4 листовые обработки NPK с МЭ (марки: 40-

13-40; 12-12-36; 3-11-38), вариант фон + 3 листовые обработки NPK с МЭ+БИОудобрение и вариант фон + 4 листовые обработки NPK с МЭ+БИОудобрение обеспечивали повышение протеина в семенах меньше до 27,7 %, 27,9 %, 27,6 % и 27,7 % и прибавки от данной подкормки превышали контроль на 0,7 %, 0,9 %, 0,6 % и 0,7 %. Небольшое количество протеина в семенах наблюдалось в варианте фон + 3 листовые обработки БИОудобрение и варианте фон + 4 листовые обработки БИОудобрение по 27,5 %, а прибавка относительно контроля составила по 0,5 %. Минимальное содержание протеина в семенах было в варианте N₆₀P₆₀K₆₀ и варианте N₆₀P₆₀K₆₀ + обработка семян до 27,3 % и 27,4 %, что больше контроля на 0,3% и 0,4% соответственно (рисунок 4).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вегетационный сезон льна масличного характеризовался обильными и частыми выпадением дождей в послепосевной период и начальных фазах вегетации с небольшим температурным режимом, теплой и дождливой погодой в мае месяце, нарастанием температурой воздуха, в отдельные дни жарким летом и незначительным выпадением атмос-

ферных осадков в июне и в первой и второй декаде июля, и засушливыми условиями в третьей декаде июля в период созревания льна масличного.

Экспериментальными исследованиями установлено, что листовые подкормки различными видами, формами и способами в течение вегетации льна масличного оказывают положительное влияние на показатели элементов структуры урожая льна масличного, его урожайность и технологические качества семян.

Самые лучшие показатели густоты стояния растений обеспечивали вариант фон + 4 листовые обработки баковая смесь с МАКРО+МЭ и вариант фон + 4 листовые обработки NPK с МЭ (марки: 13-40-13; 12-12-36; 3-11-38) по 296 шт./м² и было больше варианта без удобрений на 52 шт./м². По вариантам удобрений низкая сохранность растений на поле наблюдалась в варианте с применением только одних минеральных удобрений в норме N₆₀P₆₀K₆₀ и составило 250 шт./м².

Среди вариантов листовых обработок наибольшее действие на количество коробочек на одном растении (17,9 шт.) оказало применение 4-кратной подкормки в течение вегетации льна масличного баковой смеси из макроудобрений и микроудобрений на фоне внесения минеральных удобрений и предпосевной обработки семян биоудобрением Терра Сорб Комплекс и превышало контроль на 8,8 шт. Вариант с применением только минеральных удобрений и фоновый вариант сформировали наименьшее количества коробочек на одном растении и было выше контрольного варианта на 1,1 шт. и 1,5 шт. соответственно.

Максимальные количества семян в коробочке наблюдались в варианте 9 при применении 4-х листовых обработок баковой смесью с макроудобрениями и микроудобрениями и 4-х листовых обработок NPK с МЭ (марки: 13-40-

13; 12-12-36; 3-11-38) на фоне использования минеральных удобрений и предпосевной обработки семян данным биоудобрением до 7,2 шт. при контроле 5,1 шт. На остальных вариантах удобрений количество семян в коробочке достигала 5,5-7,0 шт., что больше контроля на 0,4-1,9 шт.

Листовые подкормки на фоне применения минеральных удобрений и предпосевной обработки семян биоудобрением обеспечивали массу 1000 семян на уровне 7,0-7,2 г, что было одинаковым или больше, чем в вариантах минеральных удобрений и выше контроля на 1,0-1,2 г.

Применение 4-х листовых обработок баковой смесью с макроудобрениями и микроудобрениями, 4-х листовых обработок комплексных удобрением с хелатными формами микроэлементов марки: 40-13-40; 12-12-36; 3-11-38, 3-х листовых обработок с сочетанием макроудобрений, микроудобрений и биоудобрений и 4-х листовых обработок комплексным удобрением с микроудобрением и биоудобрением по фону применения минеральных удобрений и предпосевной обработки семян биоудобрением обеспечивали наибольший сбор семян льна масличного сорта Карабалыкский 7 - 0,89 т/га, а прибавка относительно контроля составила 0,17 т/га, или 19,2 %.

Листовые подкормки на фоне применения минеральных удобрений и предпосевной обработки семян биоудобрением Терра Сорб Комплекс улучшали технологические качества семян льна масличного сорта Карабалыкский 7. Содержание жира в семенах по вариантам листовых обработок достигало до 40,7-42,0 %, что превышало вариант без применения удобрений на 0,9-2,2 % и варианты с минеральными удобрениями на 0,5-1,9 %.

Наибольшее содержание протеина сформировалось при применении 4-кратной листовой обработки баковой

смесью макроудобрений и микроудобрений на фоне внесения минеральных удобрений и проведения предпосевной обработки семян биоудобрением до 28,4 %. На остальных вариантах применения удобрений количество протеина в семенах изменялось от 27,3-28,3 %, что выше контроля на 0,3-1,3 %.

Данная статья опубликована в рамках проекта №AP23486266 «Разработать эффективные приемы применения традиционных и инновационных удобрений для льна масличного в условиях богары на юго-востоке Казахстана», финансируемого Комитетом науки Министерством науки и высшего образования Республики Казахстан.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Складорова, М.А. Диагностика и оптимизация цинкового питания кукурузы на зерно на лугово-черноземной почве Западной Сибири: дис. ... канд. с.-х. наук. – Омск, 2008. – 175 с.
2. Болдышева, Е.П. Эффективность применения микроудобрений под озимую рожь на лугово-черноземной почве Западной Сибири// Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филимонова. – 2011. – № 4. – С. 66-71.
3. Попова, В.И., Болдышева, Е.П. Биоэнергетическая эффективность применения удобрений под озимые зерновые культуры в Западной Сибири// Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2011. – Т. 84. – № 10. – С. 10-15.
4. Бобренко, И.А., Гоман Н.В., Шувалова Н.В. Эффективность разных приемов применения цинковых удобрений под яровую пшеницу в условиях Западной Сибири // Омский научный вестник. – 2012. - № 1 (108). – С. 142-145.
5. И.А. Бобренко и др. Влияние разных способов внесения цинка на озимую тритикале на урожайность зерна в условиях южной лесостепи Западной Сибири// Плодородие. – 2012. - № 3. – С. 7-9.
6. Применение микроудобрений и регуляторов роста в интенсивном земледелии: рекомендации / И.Р. Вильдфлуш, Т.Ф. Персикова, П.А. Саскевич, А.Р. Цыганов, О.И. Чикида, А.С. Мастеров, О.И. Мишура, М.Л. Радкевич, Ю.В. Коготко, Е.А. Плевко, О.В. Мурзова, Е.А. Блохина. – Горки БГСХА, 2015. – 48 с.
7. Виноградова В.С., Хитрова В.И. Влияние удобрений и микроэлементов на урожай и качество льнопродукции// Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе: сборник статей 53-й Межд. науч.-практ. конф. Кострома: КГСХА. – 2002. - Т.1. – С. 81-82.
8. Агрохимия: учебник / В.Г. Минеев и др.- М.: Изд-во ВНИИА им. Прянишникова, 2017. – 854 с.
9. Гайсин, И.А., Пахомова, В.М. Хелатные микроудобрения и механизм действия: монография. Йошкар-Ола, 2014. – 344 с.
10. Митрохина, О.А. Эффективность некорневой обработки комплексными микроудобрениями посевов озимой пшеницы в Курской области// Земледелие. – 2015. - № 5. – С. 21-22.
11. Латарцев, П.Ю., Антонова, О.И. Особенности потребления основных элементов питания льном масличным в связи с внесением удобрений// Вестник Алтайского государственного аграрного университета – 2021. - №10 (204). - С. 32-37.

12. Самсонов, В.П., Голуб, И.А., Бачило, Н.Г., Савельев, Н.С., Рошка, Г.В. Влияние новых форм комплексных удобрений с микроэлементами на рост и развитие льна масличного. *Льноводство// Земледелие и защита растений*. - 2015. - №3. - С. 63-66.
13. Современные агрохимикаты. Каталог 2016// Эффективное питание культур. Агромастер. Краснодар, 2016. - 152 с.
14. Лукомец, В. М. Инновационные технологии возделывания масличных культур. – Краснодар: Просвещение – Юг, 2017. – 256 с.
15. Милоста, Ю. Г., Пироговская, Г.В. Влияние комплексных удобрений с хелатсодержащими формами микроэлементов на качественные показатели семян льна масличного// Материалы конференции "Современные технологии сельскохозяйственного производства": X международная научно-практическая конференция / Учреждение образования "Гродненский государственный аграрный университет". - Гродно: ГГАУ, 2007. - С. 75.
16. Кшникаткина, А.Н., Журавлев, Е.Ю. Регуляторы роста и микроудобрения-факторы повышения продуктивности льна масличного// *Нива Поволжья*. - 2018. - № 4(49). - С. 67-71.
17. Протасов Н.А., Щербаков А.П. Микроэлементы в черноземах и серых лесных почвах Центрального Черноземья. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2003. – 368 с.
18. Титова, Е.М., Внукова М.А. Эффективность применения комплексных удобрений на посевах ячменя ярового// *Вестник ОрелГАУ*. –2011.-№5 (11).–С.116-120.
19. Минеев В. Г. Практикум по агрохимии. М.: - 2001.-688 с.
20. Доспехов Б.А. Методика опытного дела.М.: - 1973.-336 с.
21. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами / Под общей редакцией В.М. Лукомца, чл-корр. РАСХН, д-ра с.-х. наук. Издание второе, переработанное и дополненное. - Краснодар, 2010. - 327 с.

REFERENCES

1. Sklyarova, M.A. Diagnostika i optimizatsiya tsinkovogo pitaniya kukuruzy na zerno na lugovo-chernozemnoy pochve Zapadnoy Sibiri: dis. ... kand. s.-kh. nauk. – Omsk, 2008. – 175 s.
2. Boldysheva, Ye.P. Effektivnost primeneniya mikroudobreny pod ozimuyu rozh na lugovo-chernozemnoy pochve Zapadnoy Sibiri// *Vestnik Buryatskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii im. V. R. Filimonova*. – 2011. - № 4. – S. 66-71.
3. Popova, V.I., Boldysheva, Ye.P. Bioenergeticheskaya effektivnost primeneniya udobreny pod ozimye zernovye kultury v Zapadnoy Sibiri// *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2011. – T. 84. - № 10. – S. 10-15.
4. Bobrenko, I.A., Goman N.V, Shuvalova N.V. Effektivnost raznykh priyemov primeneniya tsinkovykh udobreny pod yarovuyu psheunitsu v usloviyakh Zapadnoy Sibiri // *Omsky nauchny vestnik*. – 2012. - № 1 (108). – S. 142-145.
5. I.A. Bobrenko i dr. Vliyaniye raznykh sposobov vneseniya tsinka na ozimuyu tritikale na urozhaynost zerna v usloviyakh yuzhnoy lesostepi Zapadnoy Sibiri// *Plodorodiye*. – 2012. - № 3. – S. 7-9.
6. Primneniye mikroudobreny i regulyatorov rosta v intensivnom zemledelii: rekomendatsii / I.R. Vildflush, T.F. Persikova, P.A. Saskevich, A.R. Tsyganov, O.I. Chikida, A.S. Masterov, O.I. Mishura, M.L. Radkevich, Yu.V. Kogotko, Ye.A. Plevko, O.V. Murzova, Ye.A. Blokhina. – Gorki BGSKhA, 2015. – 48 s.

7. Vinogradova V.S., Khitrova V.I. Vliyaniye udobreny i mikroelementov na urozhay i kachestvo lnoпродукtsii// Aktualnye problemy nauki v agropromysh-lenno kompleksе: sbornik statey 53-y Mezhd. nauch.-prakt. konf. Kostroma: KGSKhA. - 2002. - T1.-S.81-82.
8. Agrokimiya: uchebnik / V.G. Mineyev i dr.- M.: Izd-vo VNIIA im. Pryanishnikova, 2017. - 854 s.
9. Gaysin, I.A., Pakhomova, V.M. Khelatnye mikroudobreniya i mekhanizm deystviya: monografiya. Yoshkar-Ola, 2014. - 344 s.
10. Mitrokhina, O.A. Effektivnost nekornevoy obrabotki kompleksnymi mikroudobreniyami posevov ozimoy pshenitsy v Kurskoy oblasti// Zemledeliye. - 2015. - № 5. - S. 21-22.
11. Latartsev, P.Yu., Antonova, O.I. Osobennosti potrebleniya osnovnykh elementov pitaniya lnom maslichnym v svyazi s vneseniyem udobreny// Vestnik Al-tayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta - 2021. - №10 (204). - S. 32-37.
12. Samsonov, V.P., Golub, I.A., Bachilo, N.G., Savelyev, N.S., Roshka, G.V. Vliyaniye novykh form kompleksnykh udobreny s mikroelementami na rost i razvitiye lna maslichnogo. Lnovodstvo// Zemledeliye i zashchita rasteny. - 2015. - №3. - S. 63-66.
13. Sovremennye agrokhimikaty. Katalog 2016// Effektivnoye pitaniye kultur. Agromaster. Krasnodar, 2016. - 152 s.
14. Lukomets, V. M. Innovatsionnye tekhnologii vozdeystviya maslichnykh kultur. - Krasnodar: Prosveshcheniye - Yug, 2017. - 256 s.
15. Milosta, Yu. G., Pirogovskaya, G.V. Vliyaniye kompleksnykh udobreny s khelatsoderzhashchimi formami mikroelementov na kachestvennye pokazateli semyan lna maslichnogo// Materialy konferentsii "Sovremennye tekhnologii sel'sko-khozyaystvennogo proizvodstva": X mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya / Uchrezhdeniye obrazovaniya "Grodzensky gosudarstvennyy agrarny universitet". - Grodno: GGAU, 2007. - S. 75.
16. Kshnikatkina, A.N., Zhuravlev, Ye.Yu. Regul'yatory rosta i mikroudobreniya-factory povysheniya produktivnosti lna maslichnogo// Niva Povolzhya. - 2018. - № 4(49). - S. 67-71.
17. Protasov N.A., Shcherbakov A.P. Mikroelementy v chernozemakh i serykh lesnykh pochvakh Tsentralnogo Chernozemya. - Voronezh: Voronezhsky gosudarstvennyy universitet, 2003. - 368 s.
18. Titova, Ye.M., Vnukova M.A. Effektivnost primeneniya kompleksnykh udobreny na posevakh yachmenya yarovogo// Vestnik Orel GAU. - 2011. - № 5 (11). - S. 116-120.
19. Mineyev V. G. Praktikum po agrokhimii. M.: - 2001.-688 s.
20. Dospekhov B.A. Metodika opytnogo dela.M.: - 1973.-336 s.
21. Metodika provedeniya polevykh agrotekhnicheskikh opytov s maslichnymi kulturami / Pod obshchey redaktsiyey V.M. Lukomtsa, chl-korr. RASKhN, d-ra s.-kh. nauk. Izdaniye vtoroye, pererabotannoye i dopolnennoye. - Krasnodar, 2010. - 327 s.

ТҮЙІН

А.Д. Малимбаева^{1*}, Б.М. Амангалиев¹, Е.К. Жүсүпбеков¹, М. Батырбек¹,
А.М. Солтанаева¹, А.М. Сагимбаева¹, К.У. Рустимова¹ Ж.О. Ошакбаева²,

Г.О. Баядилова³

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ОҢТҮСТІК ШЫҒЫС АЙМАҒЫ ТӘЛІМІ ЖЕР ЖАҒДАЙЫНДА
ДӘСТҮРЛІ ЖӘНЕ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ТЫҢАЙТҚЫШТАРДЫҢ МАЙЛЫ ЗЫҒЫР
ДАҚЫЛЫНЫҢ ӨНІМДІЛІГІНЕ ӘСЕРІ

¹Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты,
040909, Алматы облысы, Қарасай ауданы, Алмалыбақ, Ерленесов к., 1, Қазақстан,

*e-mail: malimbaeva1903@yandex.ru

²М.Дулатов атындағы Қостанай инженерлік-экономикалық университеті,
110000, Костанай, Чернышевский көшесі, 59, Қазақстан

³Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті,
050006, Алматы, Абая даңғылы, 8, Қазақстан

Оңтүстік-шығыс аймақтағы егістік дақылдарындағы микротаңайтқыштардың, микроэлементтердің хелатталған формалары бар кешенді биотаңайтқыштардың және олардың комбинацияларының тиімділігіне зерттеулер өте аз, ал майлы зығыр бойынша жүргізілген зерттеулер жоқтың қасы. Оларды облыста ауыл шаруашылығы өндірісінде пайдалану ауыл шаруашылығы дақылдарынан жоғары және тұрақты өнім алудың қосымша резерві ретінде қарастырылады. Осыған байланысты біз Алматы облысының ылғалдылығы жеткіліксіз аймақта орналасқан ашық қара қоңыр тәлімі топырақ жағдайында тәжірибелік зерттеулер жүргіздік. Зерттеудің мақсаты дәстүрлі және инновациялық тыңайтқыштардың және олардың қоспасының, 13-40-13 сортты микроэлементтердің хелатталған формалары бар күрделі тыңайтқыштардың әсерін зерттеу; 12-12-36; 3-11-38, биотаңайтқыштар Майлы зығыр өнімділігі үшін тұқымдарды және жапырақты тыңайтқыштарды және олардың комбинацияларын себу алдында өңдеуге арналған Terra Sorb кешені. Майлы зығыр өсіру маусымындағы биылғы ауа-райы топырақтың ылғалдылығы мен атмосфералық температураның төмендігі жағдайында қолайлы болды. Қораптағы тұқымдар саны фондық опцияда ең жақсы болды + MACRO + ME бар 4 парақ өңдеу резервуар қоспасы және фондық опцияда + ME бар 4 парақ өңдеу NPK (бренд: 13-40-13; 12-12-36) 3-11-38) және тыңайтқыштарды қолданбай нұсқаны (бақылау) 2,1 дана асырды. екі жағдайда да. Зерттелетін тыңайтқыштардың түрлері, формалары, әдістері, мерзімдері мен комбинацияларының ішінде 1000 тұқымның ең үлкен массасы макротаңайтқыштардың микротаңайтқыштары бар резервуарлы қоспасымен және 3 және 4 жапырақты өңдеулермен 3 және 4 жапырақты өңдеуді қолдану арқылы қамтамасыз етілді. маркалы микроэлементтердің хелатталған формалары бар күрделі тыңайтқышпен: 13 -40-13; 12-12-36 және маркалар: 13-40-13; 12-12-36; 3-11-38 фонында минералды тыңайтқыштар және егіс алдындағы өңдеу Terra Sorb Complex, әрқайсысы 7,2 г майлы дақылдар сортының зығыр тұқымдарының ең үлкен коллекциясы фондық опция + 4 жапырақты өңдеу резервуар қоспасымен қамтамасыз етілді. MACRO + ME көмегімен, фондық опция + ME бар NPK 4 жапырақты өңдеу (бағалар: 40-13-40; 12-12-36; 3-11-38), фондық опция + 3 жапырақты өңдеу MACRO + ME + БИОтыңайтқыш, фондық опция + ME + БИО тыңайтқышы бар NPK 0,89 т/га, және бақылауға қатысты өсім болды. 0,17 т/га немесе 19,2%. Майлы зығыр дақылының сапасын анықтау кезінде ең жақсы майлылық көрсеткіштері маркалы микроэлементтердің хелатталған формалары бар күрделі тыңайтқышпен жапырақты 4 еселік өңдеуді қолданғанда алынғаны анықталды: 40-13-40; 12-12-36; 3-11-38 тыңайтқыштар фонында – 42,0%, ал ақуыз – ұрықтандырылған фонда макро- және микротаңайтқыштары бар резервуар қоспасы бар 4 жапырақты өңдеуді қолданғанда – 28,4%.

Түйінді сөздер: майлы зығыр, дәстүрлі және инновациялық тыңайтқыштар, микроэлементтер, биотаңайтқыш, өнімділік.

SUMMARY

A.D. Malimbayeva^{1*}, B.M. Amangaliyev¹, E.K. Zhusupbekov¹, M. Batyrbek¹
A.M. Soltanayeva¹, A.M. Sagimbayeva¹, K.U. Rustemova¹, Z.O. Oshakbayeva²,
G.O. Bayadilova³

INFLUENCE OF TRADITIONAL AND INNOVATIVE FERTILIZERS ON THE PRODUCTIVITY OF OIL FLAX UNDER DRAINED CONDITIONS OF SOUTHEAST KAZAKHSTAN

¹*Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing, 040909, Almaty region, Karasai district, Almalybak v., Erlepesov, 1, Kazakhstan,*

**e-mail: malimbaeva1903@yandex.ru,*

²*Kostanay Engineering and Economics University named after M. Dulatov, 110000, Kostanay, Chernyshevsky, 59, Kazakhstan*

³*Kazakh National Agrarian Research University, 050006, Almaty, Abai, 8, Kazakhstan*

Very few studies have been conducted on the effectiveness of micronutrient fertilizers, complex fertilizers with chelated forms of microelements, biofertilizers and their combinations in field crops in the south-eastern region, and almost none on oil flax. Their use in agricultural production of the region is considered as an additional reserve in obtaining high and stable yields of agricultural crops. In this regard, we conducted experimental studies on light-chestnut rainfed soil, located in the zone of insufficient moisture of the Almaty region. The purpose of the research was to study the effect of a tank mixture of traditional and innovative fertilizers with chelated forms of microelements of the brand 13-40-13; 12-12-36; 3-11-38, biofertilizer Terra Sorb Complex for pre-sowing seed treatment and foliar feeding and their combinations on the productivity of oil flax. The weather conditions of this year during the vegetation period of oil flax were favorable in terms of soil moisture and with low temperature conditions of the atmospheric air. The number of seeds per capsule was the best in the variant with background + 4 foliar treatments with tank mixture with MACRO+ME and in the variant with background + 4 foliar treatments with NPK with ME (brands: 13-40-13; 12-12-36; 3-11-38) and exceeded the variant without fertilizers (control) by 2.1 pcs. in both cases. Among the studied types, forms, methods, terms and combinations of fertilizers, the greatest weight of 1000 seeds was ensured by the use of 3 and 4 foliar treatments with tank mixture of macrofertilizers with microfertilizers and 3 and 4 foliar treatments with complex fertilizer with chelated forms of microelements of the brand: 13-40-13; 12-12-36 and brand: 13-40-13; 12-12-36; 3-11-38 against the background of mineral fertilizers and pre-sowing treatment with biofertilizer Terra Sorb Complex at 7.2 g. The highest yield of flax seeds of the Karabalyk 7 oilseed variety was provided by the background option + 4 foliar treatments with a tank mixture with MACRO + ME, the background option + 4 foliar treatments with NPK with ME (brands: 40-13-40; 12-12-36; 3-11-38), the background option + 3 foliar treatments with MACRO + ME + BIOfertilizer, the background option + 4 foliar treatments with NPK with ME + BIOfertilizer at 0.89 t/ha, and the increase relative to the control was 0.17 t/ha or 19.2%. When determining the quality of the oil flax crop, it was found that the best fat indicators were obtained with the use of 4-fold foliar treatment with complex fertilizer with chelated forms of microelements of the brand: 40-13-40; 12-12-36; 3-11-38 against the background of fertilizers - 42.0%, and protein - when using 4 foliar treatments with a tank mixture with macro- and microfertilizers against a fertilized background - 28.4%.

Keywords: oil flax, traditional and innovative fertilizers, microelements, biofertilizer, yield.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. Малимбаева Алмагул Джумабековна - заведующая лабораторией почвоведения и агрохимии, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3117-042X>, e-mail: malimbaeva1903@yandex.ru
2. Амангалиев Батыргалий Мурзабаевич - старший научный сотрудник лаборатории почвоведения и агрохимии, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2621-6427>, e-mail batyr110365@mail.ru
3. Жусупбеков Ербол Капарович - старший научный сотрудник лаборатории почвоведения и агрохимии, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9177-8982>, e-mail: erbol.zhusupbekov@mail.ru
4. Батырбек Максат Батырбекович - научный сотрудник лаборатории почвоведения и агрохимии, PhD, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0081-2602>, e-mail: batyrbek-maksat@bk.ru
5. Солтанаева Акерке Мырзабаевна - младший научный сотрудник, лаборатории почвоведения и агрохимии, магистр сельскохозяйственных наук, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-8205-3438>, e-mail: soltanayeva@gmail.com
6. Сагимбаева, Айна Муратовна - научный сотрудник лаборатории почвоведения и агрохимии, магистр сельскохозяйственных наук, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1481-2187>, e-mail: ainasagimbaeva_78@mail.ru
7. Рустимова Карлыга Усенгалиевна - младший научный сотрудник лаборатории почвоведения и агрохимии, магистр сельскохозяйственных наук, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5086-2790>, e-mail: karligaw_91@bk.ru
8. Ошакбаева Жулдыз Орынтайқызы - проректор по академическому развитию, к.б.н., Ассоциированный Профессор, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4409-7444>, e-mail: Zh.oryntaevna@gmail.com
9. Баядилова Гульсун Онгаровна – Ассоциированный Профессор кафедры агрономии, селекции и биотехнологии, кандидат биологических наук, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2858-4047>, e-mail: zhalaiirka_kushik@mail.ru

MFTAP 68.33.29

DOI: 10.51886/1999-740X_2025_2_89

**А.Э. Хидиров¹, А.Д. Малимбаева^{1*}, Б.М. Амангалиев¹, Е.К. Жусупбеков¹,
М.Б. Батырбек¹, А.М. Сагимбаева¹, К.У. Рустемова¹, А.М. Солтанаева¹,
А.М. Шибикеева²**

**БОР ЖӘНЕ МЫРЫШ МИКРОТЫҢАЙТҚЫШТАРЫНЫҢ ҚАНТ ҚЫЗЫЛШАСЫ
ӨНІМДІЛІГІНЕ ӘСЕРІ**

*¹Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты,
040909, Алматы облысы, Алмалыбақ, Қазақстан, *e-mail: malimbaeva1903@yandex.ru*

*²Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті,
050006, Алматы, Абай даңғылы, 8, Қазақстан*

Аннотация. Қазақстанның оңтүстік-шығыс өңірінде суармалы ашық қара-қоңыр топырақ жағдайында микротаңайтқыштардың, әсіресе бор және мырыш тыңайтқыштарының отандық қарқынды түрдегі қант қызылшасы будандарының өнімділігіне әсерінің тиімділігі жеткілікті зерттелмеген. Қант қызылшасын өсірудің заманауи агротехнологияларында макроэлементтердің аясында жапырақ арқылы қоректендіруде микроэлементтерді қолданбай, жоғары әрі сапалы өнім алуға мүмкін емес. Зерттеудің мақсаты бор мен мырыш тыңайтқыштарының және олардың комбинацияларының қант қызылшасының жаңа отандық будандарының өнімділігіне әсерін зерттеу болды. Бордың ең көп жиналуы қант қызылшасының Болашақ буданының қатар аралығында жапырақтардың түйісу кезеңінде байқалды. Бұл ЯраВита Бортрак 150 бор тыңайтқышын және ЯраВита Цинтрак 700 мырыш тыңайтқышын бірге қолданған кезде 47,0 мг/кг деңгейінде анықталды. Ал мырыштың ең жоғары мөлшері Болашақ буданының қатардағы жапырақтардың түйісу кезеңінде байқалып, ЯраВита Бортрак 150 және ЯраВита Цинтрак 700 тыңайтқыштарын бірге енгізген кезде 37,0 мг/кг құрады. Бор негізінен мырышқа қарағанда көп шығарылды, ал Болашақ буданының тамыржемістері оны Абулхайыр буданына қарағанда көбірек жинақтады. Ең жоғары көрсеткіш Фон+В+Zn₁₀ нұсқасында байқалып, 647,5 г/га құрады. Мырыштың ең көп шығарылуы Абулхайыр буданының жапырақтарында байқалды және ЯраВита Бортрак 150 және ЯраВита Цинтрак 700 тыңайтқыштарын қолданған кезде 384,3 г/га жетті. Болашақ буданының 1 тонна тамыржемісі мен жапырағын қалыптастыру үшін 1256,3 г/га бор және 727,2 г/га мырыш жұмсалды, ал Абулхайыр буданы үшін сәйкесінше 1153,9 г/га және 751,2 г/га тұтыну анықталды. Осы нұсқада Болашақ буданының ең жоғары тамыржеміс өнімділігі – 82,0 т/га, қанттылығы – 18,1%, ал қант жинау көрсеткіші – 14,8 т/га деңгейінде қамтамасыз етілді. Абулхайыр буданының ең жоғары өнімділігі ЯраВита Бортрак 150 және ЯраВита Цинтрак 700 тыңайтқыштарын қолданған кезде 80,9 т/га құрады. Қант мөлшері Фон+В+Zn₁₀ және Фон+В+Zn₅ нұсқаларында 17,9%, ал қант жинау көрсеткіші Фон+В+Zn₁₀ нұсқасында 14,4 т/га құрады.

Түйінді сөздер: қант қызылшасы, будан, бор, мырыш, жапырақ арқылы қоректендіру, өнімділік, қанттылық.

КІРІСПЕ

Қант қызылшасы – оңтүстік-шығыс өңірдегі суармалы егіншілік үшін маңызды, жоғары өнім және табыс беретін техникалық дақыл. Оның тамыржемісінде 16-20% қант жиналады, ал қант зауыттарында өңдеу кезінде оның шығымы 12-15% құрайды [1].

Қант қызылшасының өнімділігін және қант жинау мөлшерін арттыру – отандық қызылша шаруашылығы саласының басты міндеттерінің бірі. Қазіргі жағдайда тыңайтқыштарды, микроэлементтерді, жоғары өнімді будандарды және өсімдікті қорғау құралдарын қолданбай қант қызылша-

сын өсіру тиімді емес. Өсімдіктердің қоректенуі үшін қажетті 20-22 элемент анықталған, олар макро- және микроэлементтерге бөлінеді. Көміртек, оттегі және сутек өсімдіктерге көмірқышқыл газы мен су арқылы түседі. Бұл элементтер әдетте минералдық қоректену тұрғысынан қарастырылмайды [2, 3].

Микроэлементтер өсімдіктерде ферменттердің толық спектрінің синтезін қамтамасыз етеді, бұл энергияны, суды және макроэлементтерді тиімдірек пайдалануға мүмкіндік береді. Олар өсімдіктердің иммунитетін арттырып, ауруларға төзімділігін күшейтеді, табиғи-климаттық стресстер мен пестицидтердің әсерінен туындайтын физиологиялық депрессияның алдын алады. Сондай-ақ, түрлі ферменттік процестердің белсенділігін арттырғыш немесе тежегіш ретінде әсер етіп, зат алмасуды жақсартады және өсімдіктің өнімділігі мен сапасына оң әсер етеді [4-7].

Сонымен қатар, микроэлементтер әртүрлі ферменттердің кофакторлары ретінде әрекет етіп, фотосинтез процесіндегі судың фотолизі кезінде жүретін тотығу-тотықсыздану реакцияларына қатысады. Мысалы, бордың тозаң түзілуі, гүлдер мен жемістердің қалыптасуындағы ерекше рөлі және оның өсімдіктердің өсуі мен көбеюі үшін маңызы белгілі [8, 9]. Көптеген зерттеулер көрсеткендей, қант қызылшасының өндірістік егістеріне микроэлементтермен жапырақ арқылы қоректендіру барлық биохимиялық және физиологиялық процестерге оң әсер етеді. Бұл өсімдіктердің пестицидтер мен қоршаған ортаның абиотикалық факторларының стресс әсеріне төзімділігін арттыруға ықпал етеді [10-14]. Сонымен қатар, әрбір дақылға белгілі бір элементтер қажет [15-17]. Микроэлементтер өсімдіктерге өте аз мөлшерде қажет – олардың мөлшері өсімдік массасының мыңнан

және он мыңнан бір бөлігіне тең. Алайда, олардың әрқайсысы зат алмасу мен өсімдіктердің қоректенуінде қатаң белгілі бір функцияны орындайды және басқа элементтермен алмастырылмайды [18, 19].

Қант қызылшасының толыққанды қоректенуін қамтамасыз етудің негізгі шарты – топырақта негізгі макроэлементтердің (азот, фосфор және калий) ғана емес, сондай-ақ микроэлементтердің (бор, мыс, мырыш, марганец, кобальт, темір, молибден және т.б.) оңтайлы мөлшерде болуы және олардың өсімдікке түсуі [20]. Қант қызылшасының қоректік элементтерге деген қажеттілігінің басым бөлігін күзде негізгі тыңайтқыш енгізу арқылы қамтамасыз етуге болады [21], алайда азот пен микроэлементтердің жетіспеушілігін дақылдың вегетация кезеңінде жою тиімдірек. Жапырақ арқылы қоректендіру кезінде микроэлементтер 90%-ға дейін сіңірілсе, тамыр арқылы қоректендіру кезінде бұл көрсеткіш 20%-ды құрайды [22]. Бор мен мырыш қант қызылшасы үшін басқа микроэлементтерге қарағанда маңыздырақ. Қант қызылшасы бордың жетіспеушілігіне сезімтал дақылдардың қатарына жатады. Бор тапшылығы кезінде өзекшіруі байқалып, қанттылығы мен өнімділігі төмендейді [23]. Әсіресе, бордың жетіспеушілігі жас, өсіп келе жатқан мүшелерге қатты әсер етеді. Алдымен өсу нүктелері зақымданып, біртіндеп өледі.

Бордан басқа, қант қызылшасы мырышты (шамамен 600 г/га), марганецті (1000 г/га шамасында) және молибденді (30 г/га шамасында) көп мөлшерде сіңіріп, топырақтан шығарады. Өсімдіктердің өсуі үшін мырыштың маңызы оның азот алмасуына қатысуымен тығыз байланысты. Мырыштың әсерінен қанттар мен крахмалдың синтезі жақсарып, көмірсулардың,

ақуыздық заттардың, аскорбин қышқылы мен хлорофиллдің жалпы мөлшері артады, өсімдіктердің құрғақшылыққа, ыстық пен суыққа төзімділігі күшейеді. Мырыш жетіспеген жағдайда өсімдіктерде тотықсызданған қанттар жиналып, сахароза мен крахмалдың мөлшері азаяды, органикалық қышқылдардың жиналуы артады, ауксин деңгейі төмендейді және ақуыз синтезі бұзылады. Мырыш тапшылығы кезінде өсімдіктерде ақуыз құрамына кірмейтін азоттың ерігіш қосылыстары – амидтер мен аминқышқылдары көптеп жиналады [24].

Бор тыңайтқыштарының қанттылықты арттыруға ықпал ететіні анықталған: оларды негізгі енгізу кезінде – 0,7-1,4%, жапырақ арқылы қоректендіру кезінде – 0,3-0,9%, ал тұқымды өңдеу барысында – 0,5-0,8%-ға дейін қанттылық жоғарылайды [25].

Алматы және Жетісу облыстарында қант қызылшасы егістерінде жоғары мөлшерде минералдық тыңайтқыштарды енгізу аясында микротыңайтқыштарды қоректендіргіш ретінде қолданудың тиімділігін зерттеу жұмыстары аз жүргізілген. Осыған байланысты, оңтүстік-шығыс өңірінің жағдайында, ашық-қоңыр суармалы топырақта, қант қызылшасының жаңа Болашак және Абулхайыр будандарында бор және мырыш тыңайтқыштарын тиімді қолданудың әдістері мен тәсілдері алғаш рет әзірленді.

МАТЕРИАЛДАР МЕН ӘДІСТЕР

Ғылыми зерттеулер 2024 жылы «Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты» ЖШС суармалы тәжірибелік учаскесінде, 0,6 га алаңда егілген қант қызылшасы алқабында жүргізілді. Тәжірибе алаңы мөлдектерге бөлініп, үш қайталанымнан тұрды, танаптар жүйелі түрде орналастырылды. Әр мөлдектің ауданы 30 м² құрайды. Қант қызылшасының алдыңғы дақылы күздік бидай болды.

Тәжірибе сызбасы:

1. Бақылау
2. N₃₀₀P₁₅₀K₃₀₀ – фон-1
3. фон 1 + B₅
4. фон 1 + B₁₀
5. фон 1 + Zn₅
6. фон 1 + Zn₁₀
7. фон 1 + B + Zn₅
8. фон 1 + B + Zn₁₀

Топырақ құнарлылығының негізгі көрсеткіштерін және өнім сапасын талдау, оның ішінде негізгі қоректік элементтердің (азот, фосфор, калий) және микроэлементтердің (бор мен мырыш) мөлшерін анықтау тиісті мемлекеттік стандарттарға (МЕМСТ 26205-91) және жалпы қабылданған әдістемелерге сәйкес аккредиттелген зертханада (№ KZ.T.04.1405, 2023 жылғы 29 қараша) жүргізіледі.

Тәжірибелік алаңның топырағы – орташа гумустық қабаты барашық қарақоңыр топырақ. Оның құрамында гумус мөлшері аз, гранулометриялық құрамы орташа саздақты, физикалық саздың мөлшері 35-43%, ал физикалық құмы 57-65% құрайды.

Топырақтың егістік қабатында жалпы гумустың мөлшері 1,60-1,90% аралығында, жалпы азоттың мөлшері – 0,15%, жалпы фосфордың мөлшері – 0,21%, жалпы калийдің мөлшері – 1,67% құрайды. Топырақтың минералды азотпен қамтамасыз етілуі – өте төмен және төмен, жылжымалы фосфор – төмен, ал алмаспалы калий – орташа деңгейде. Көміртек пен азоттың арақатынасы (C:N) – 9,8, ал CO₂ (көмірқышқыл газы) мөлшері – 3,1%. Сіңірілген катиондар құрамында кальций (Ca) көп – 12,0 мг/экв 100 г, ал магний (Mg) айтарлықтай аз – 2,5 мг/экв 100 г, ал жалпы көлемі – 14,5 мг/экв 100 г тең. Топырақ ерітіндісінің реакциясы әлсіз сілтілі (pH = 7,8), топырақ тұзданбаған, 1,5 м тереңдіктегі тығыз қалдықтың мөлшері 0,1%-дан аспайды.

Топырақтың егістік қабаты әлсіз тығыздалған, тығыздығы – 1,21 г/см³. Кеуектілігі қанағаттанарлық – көлемі 53,4%. 0-20 см қабатында дисперсті фракциялардың мөлшері 11-15%, ұсақ шаң (0,005-0,001 мм) – 13-20%. 20-40 см қабатында лай фракциялар мөлшері 16-22% дейін артып, ұсақ шаңның мөлшері 17-22% болады. Агрономиялық тұрғыдан бағаланатын агрегаттардың құрамына байланысты бұл топырақтар жақсы және өте жақсы деп бағаланады – 54-78%, ал су эрозиясына төзімділік бойынша қанағаттанарлықсыз – 10-20%. Су ерітуге төзімді агрегаттардың мөлшері қанағаттанарлықсыз және жеткіліксіз қанағаттанарлық – 10-30%. Топырақтың су өткізгіштігі жақсы, 76 мм/сағ құрайды. Жер асты суларының тереңдігі 5 м-ден асады және олар топырақ түзілу процесіне әсер етпейді.

Далалық тәжірибеде физикалық пісіп жетілуі мен топырақтың температурасы 8°C болған кезде, 12-14 сәуірде Болашак және Абулхайыр қант қызылшасының жаңа отандық будандары егілді. Егу тереңдігі 2-3 см, ал себу мөлшері гектарға 1,2-1,3 егістік бірлік, яғни бір метрге 6 дән болды. Негізгі тыңайтқыш ретінде көктемде аммиакты селитра 300 кг/га мөлшерінде қолданылды, күзде – аммофос 150 кг/га және хлорлы калий 300 кг/га. Қант қызылшасының будандарын тамырдан тыс қоректендіру үшін 4-8 жапырақ кезеңінде, 10-12 жапырақ кезеңінде, қатардағы жапырақтар жабылу фазасында және аралықтағы жапырақтар жабылу кезеңінде борлы ЯраВита Бортрак150 және мырышпен қоректендіру үшін ЯраВита Цинтрак700 қолданылды. Нұсқалар бойынша енгізу нормалары: B₅ 1,5 л/га (0,75% ерітінді), B₁₀ 3 л/га (1,5% ерітінді), Zn₅ 0,5 л/га (0,25% ерітінді), Zn₁₀ 1 л/га (0,5% ерітінді), B+Zn₅ Бортрак 150 – 0,75 л/га + Цинтрак 700 – 0,25 л/га (0,5% ерітінді), B+Zn₁₀ Бортрак 150 – 1,5 л/га + Цинтрак 700 – 0,5 л/га (1% ерітінді). Су

шығыны – 200 л/га. ЯраВита Бортрак 150 борлы тыңайтқышында 150 г/л бор және 65 г/л азот, ал ЯраВита Цинтрак 700 мырышты тыңайтқышында 700 г/л мырыш және 18 г/л азот бар. Бұл микротыңайтқыштарды енгізу үшін тракторға тіркелген ОПГ-2000 бүріккіш қолданылды, ол қант қызылшасы алқабын арамшөптерден қорғау үшін гербицидтермен бірге пайдаланылды.

Қант қызылшасы будандарының жапырақтарында, тамыржемісіндегі бор мен мырыш мөлшері атомды-абсорбциялық әдіс бойынша анықталды (МЕМСТ 30178-96, МЕМСТ 50686-94).

Қант қызылшасының екі буданының өнімін жинау және есепке алу танаптарында техникалық пісу кезеңінде жүргізілді, яғни, түбірлер ең жоғары масса мен қант құрамына ие болған кезде (12-15 қазан). Қант қызылшасының өнімділігі танаптық таразылардағы есептік танаптық топырақтан тамырлы дақылдарды тазартқаннан кейін өлшеу арқылы анықталды.

Қант қызылшасының түбірлеріндегі қант құрамын анықтау қазіргі поляриметриялық ағынды сахариметр АП-05 құралында жүргізілді.

Қант қызылшасының түбірлеріндегі калий мен натрий мөлшері зертханалық ионометр И-160МИ құралында анықталды.

α-амин азоты мен күкірттің мөлшері ПЭ-5300В спектрофотометры арқылы анықталды.

Зерттеу нәтижелерін статистикалық өңдеу дисперсиялық талдау әдісімен жүргізілді [26].

ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ МЕН ТАЛДАУ

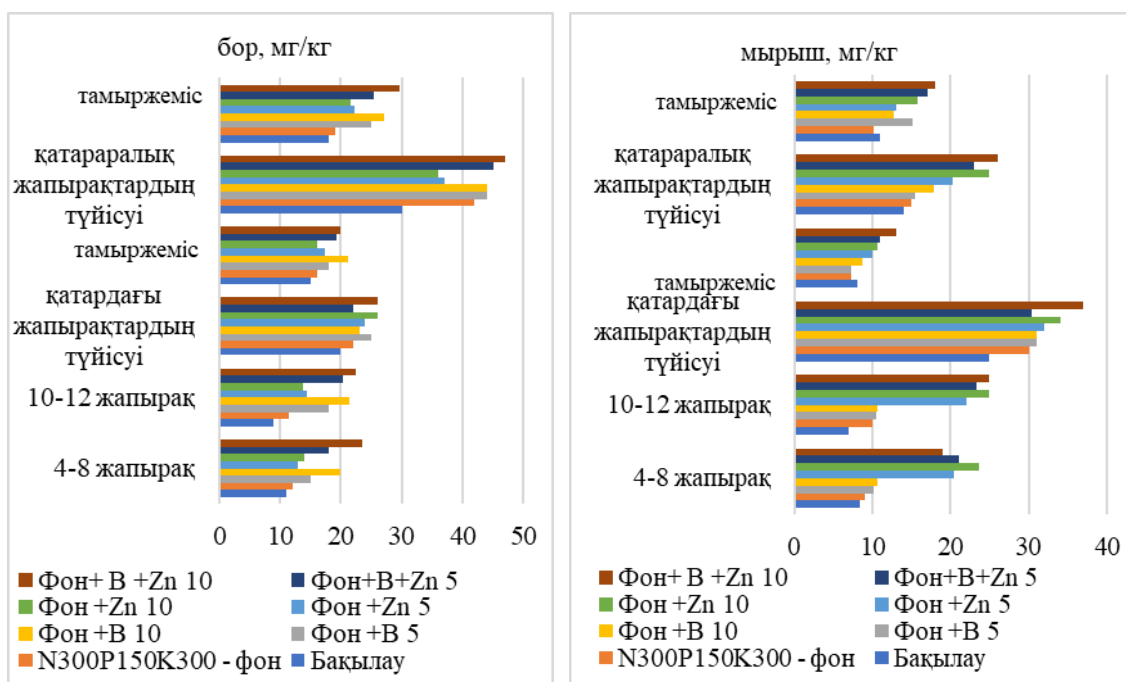
Микротыңайтқыштар минералды тыңайтқыштар N₃₀₀P₁₅₀K₃₀₀ фонында әртүрлі әсер етті. Микротыңайтқыштарды қолдану Болашак және Абулхайыр будандарының тамыр жемістеріндегі бор мен мырыштың мөлшерін арттырды. Бордың мөлшері

Болашак және Абулхайыр будандарында жапырақтардағы түйілу кезеңінде бақылаумен салыстырғанда сәйкесінше 2,4-6,2 мг/кг және 2,2-7,2 мг/кг артты. Қатараралық жапырақтардағы түйілу кезеңінде бұл көрсеткіштер тиісінше 3,5-11,7 мг/кг және 10,0-15,5 мг/кг болды. Мырыштың мөлшері Болашак буданында жапырақтардағы түйілу кезеңінде фон+V₅ нұсқасында 0,8 мг/кг азайғанымен, қатараралықтарда бұл көрсеткіш 4,2 мг/кг артты. Қалған микро-тыңайтқыштармен Болашак буданында мырыш мөлшері жапырақтардағы түйілу кезеңінде 0,7-5,0 мг/кг және қатараралықтарда 1,7-7,0 мг/кг өсті. Абулхайыр буданында мырыштың мөлшері барлық микро-тыңайтқыштармен жапырақтардағы түйілу кезеңінде 1,7-9,0 мг/кг және қатараралықтарда 3,7-9,0 мг/кг артты. Минералды тыңайтқыштар N₃₀₀P₁₅₀K₃₀₀ де микроэлементтердің мөлшерін ұлғайтты, бірақ барлық зерттелген будандарда, өсімдік дамуының барлық кезеңдерінде, микроэлементтердің мөлшері 1,0-4,0 мг/кг артты. Дегенмен, Болашак буданының қатараралық жапырақтардағы түйілісу кезеңінде оның мөлшері бақылаумен салыстырғанда 0,8 мг/кг, ал қатардағы жапырақ түйілісу кезінде 0,8 мг/кг төмендеген.

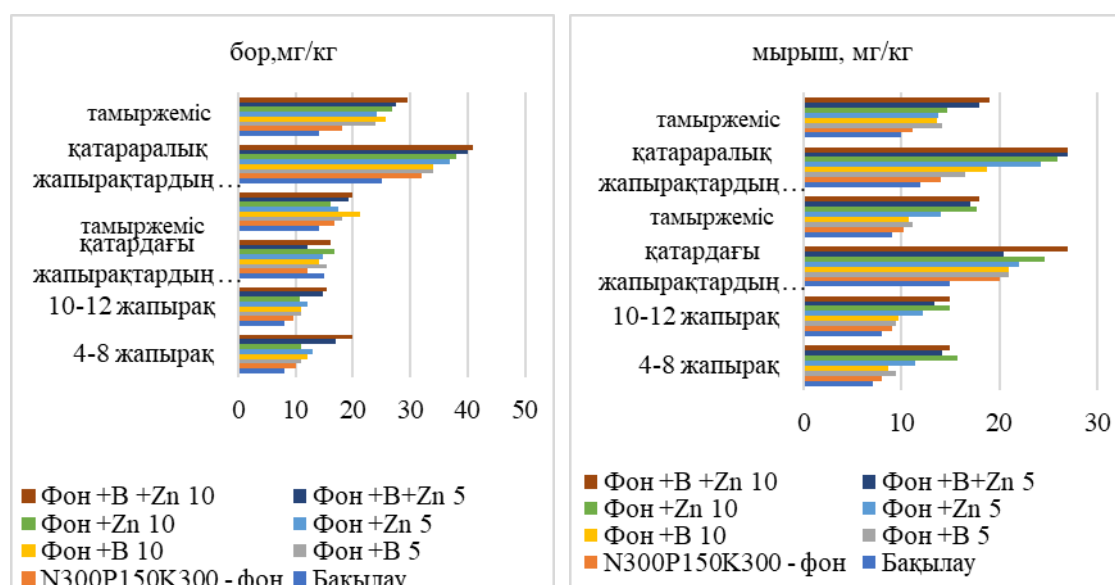
Зерттеу нәтижелері бойынша, Болашак және Абулхайыр будандарының жапырақтары мен өсімдіктер дамуының әр түрлі кезеңдерінде бор мен мырыштың мөлшері бақылаумен салыстырғанда 0,4-18,0 мг/кг артқан. Ең жоғары бор мөлшері Болашак буданының жапырағында байқалды, ол жапырақтар арасындағы түйілу кезеңінде 1,5 л/га мөлшерде ЯраВита Бортрак 150 бор тыңайтқышын және 0,5 л/га мөлшерде ЯраВита Цинтрак 700 мырыш тыңайтқышын қолдану аясында минералды тыңайтқыштар N₃₀₀P₁₅₀K₃₀₀ қосылғанда 47 мг/кг жетті.

Абулхайыр буданының жапырағында мырыш мөлшері жапырақтар арасындағы түйілу кезеңінде фон+V+Zn₁₀ нұсқасында 41,0 мг/кг болды. Ең аз мөлшерлер жапырақтардағы Болашак буданының 10-12 жапырақ кезеңінде 7,0 мг/кг және жапырағындағы Абулхайыр буданының жапырақтар арасындағы түйілу кезеңінде 32,0 мг/кг болды. Микроқұрамды тыңайтқыштар барлық зерттелген кезеңдерде бор мен мырышты жапырақтарда, жапырағында және тамыржемістерінде минералды тыңайтқыштармен салыстырғанда көбінесе 4,0-11,7 мг/кг және 6,0-15,0 мг/кг арттырды, ал бақылаумен салыстырғанда 1,0-17,0 мг/кг және 0,7-18,0 мг/кг өсіп отырды (сурет 1).

Зерттеулер нәтижесінде Болашак және Абулхайыр қант қызылшасы будандарының тамыржемістері арқылы бордың сіңірілуі N₃₀₀P₁₅₀K₃₀₀ минералды тыңайтқыштары қолданылған жағдайда артқаны анықталды. Атап айтқанда V₅ бор тыңайтқышын 1,5 л/га мөлшерінде қолдану бақылаумен салыстырғанда 355,0 г/га және 251,6 г/га-ға арттырды. V₁₀ бор тыңайтқышын 3 л/га мөлшерінде қолданғанда бұл көрсеткіш 360,1 г/га және 259,1 г/га-ға өсті. Zn₅ мырыш тыңайтқышын 0,5 л/га мөлшерінде енгізу 258,7 г/га және 296,5 г/га өсім берді. Zn₁₀ мырыш тыңайтқышын 1 л/га мөлшерінде енгізу арқылы 249,8 г/га және 313,0 г/га-ға артты. B (0,75 л/га) + Zn (0,25 л/га) бірге қолданылғанда, бордың сіңірілуі 387,1 г/га және 360,0 г/га-ға өсті. B (1,5 л/га) + Zn₁₀ (0,5 л/га) бірге қолданылғанда, ең жоғары өсім байқалып, тиісінше 420,7 г/га және 385,0 г/га деңгейіне жетті. Бұл нәтижелер бор мен мырыш тыңайтқыштарын үйлесімді қолдану қант қызылшасы будандарының бор сіңіру қабілетін арттыратынын көрсетеді (сурет 2).



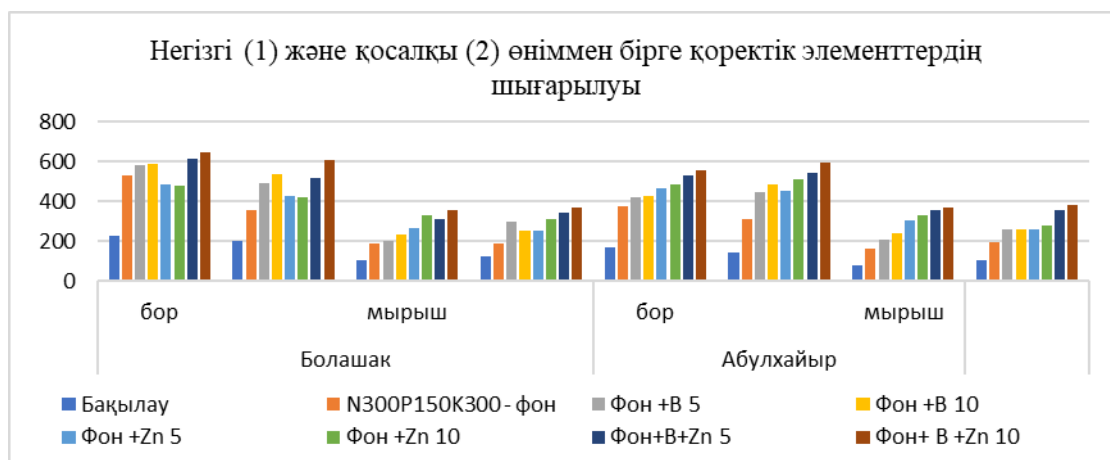
Сурет 1 – Болашак қант қызылшасы буданының микроэлементтер мөлшерінің динамикасына микротыңайтқыштарды қолданудың әсері, мг/кг



Сурет 2 - Абулхайыр қант қызылшасы буданының микроэлементтер мөлшерінің динамикасына микротыңайтқыштарды қолданудың әсері, мг/кг

Болашак және Абулхайыр қант қызылшасы будандарының тамыржемістері арқылы бордың сіңірілуі $N_{300}P_{150}K_{300}$ минералды тыңайтқыштарын қолдану нәтижесінде бақылаумен салыстырғанда тиісінше 302,4 г/га және 203,0 г/га-ға өсті. Сол сияқты, бордың сіңірілуі жапырақ массасы (жапырақ) арқылы да артқаны байқалды, бірақ тамыржеміспен салыстырғанда бұл көрсеткіш төменірек болды. Тек минерал-

ды тыңайтқыштар қолданылған жағдайда Болашак буданының жапырақтары арқылы бордың шығарылуы 153,8 г/га, ал Абулхайыр буданында 170,6 г/га-ға өсті. Микроэлементтермен байытылған нұсқаларда тыңайтқыш қолдану аясында бордың жапырақ арқылы шығарылуы Болашак буданында 221,1-406,4 г/га, ал Абулхайыр буданында 301,7-453,1 г/га деңгейіне дейін артты (сурет 3).



Сурет 3 – Қант қызылшасы будандарының өніммен бірге микроэлементтерді шығаруы, г/га

Болашак және Абулхайыр қант қызылшасы будандарының тамыржемістері мен жапырақтары арқылы мырыштың сіңірілуі борға қарағанда төмен болды. Минералды тыңайтқыштар аясында жапыраққа бүрку арқылы өңдеу жүргізілгенде, Болашак буданының тамыржемістері арқылы мырыштың шығарылуы 99,1-245,2 г/га, ал Абулхайыр буданында 123,0-284,3 г/га аралығында болды. $N_{300}P_{150}K_{300}$ мөлшерінде минералды тыңайтқыштар енгізілген жағдайда бұл көрсеткіш тиісінше 83,2 г/га және 81,5 г/га құрады. Болашак және Абулхайыр будандарының жапырақтары арқылы мырыштың шығарылуы минералды тыңайтқыштарды енгізумен салыстырғанда жапыраққа бүрку тәсілін қолданғанда жоғарырақ болды. Минералды тыңайтқыш-

тар аясында тамырмен қоректендіру жүргізілген нұсқаларда мырыштың сіңірілуі 156,1-281,8 г/га аралығында өзгерді, ал тек минералды тыңайтқыштар енгізілген нұсқада бұл көрсеткіш 92,9 г/га деңгейінде болды.

Қолданылған тыңайтқыштар қант қызылшасы будандарының жалпы микроэлемент сіңіруін арттырды, ал бордың мөлшері мырышпен салыстырғанда 1 тонна тамыржемісті қалыптастыру барысында жоғары болды. Болашак буданында минералды тыңайтқыштар аясында микротыңайтқыш қолданылған жағдайда бордың жалпы сіңірілуі 900,1-1256,3 г/га аралығында болды. $N_{300}P_{150}K_{300}$ енгізілгенде бұл көрсеткіш 885,5 г/га құраса, тыңайтқыштар қолданылмаған бақылау нұсқасында ең төменгі 429,3 г/га байқалды.

Абулхайыр қант қызылшасы буданында бордың сіңірілуі Болашак буданымен салыстырғанда төмен болды. Микро-тыңайтқыштар енгізілген жағдайда 869,0-1153,9 г/га, $N_{300}P_{150}K_{300}$ енгізілгенде 689,3 г/га, ал тыңайтқыштар қолданылмаған бақылау нұсқасында 315,7 г/га болды.

Болашак және Абулхайыр қант қызылшасы будандарының жалпы мырыштың сіңірілуі бойынша айырмашылықтар айтарлықтай болмады. Минералды тыңайтқыштар арқылы микроэлементтермен қоректендіру нұсқаларында бұл көрсеткіш тиісінше Болашак буданында 489,5-727,2 г/га, Абулхайыр буданында 469,1-751,2 г/га, ал тек минералды тыңайтқыштар енгізілген нұсқаларда: Болашак буданында 380,3 г/га, Абулхайыр буданында 359,6 г/га. Бақылау нұсқасында сәйкесінше Болашак буданында 229,6 г/га Абулхайыр буданында 185,2 г/га. Сонымен, 1 тонна Болашак қант қызылшасы будандарының тамыржемістерін қалыптастыру үшін жапырақпен бірге минералды тыңайтқыштар аясында микроэлементтерді енгізу кезінде топырақтан 900,1-1256,3 г бор және 489,5-727,2 г мырыш сіңіріледі, ал $N_{300}P_{150}K_{300}$ минералды тыңайтқышы қолданылғанда бұл көрсеткіштер тиісінше 885,5 г және 380,3 г болды. Тыңайтқыштар қолданылмаған жағдайда бордың сіңірілуі 429,3 г/га болды. Абулхайыр буданының 1 тонна тамыржемістерін қалыптастыру үшін жапырақпен бірге микроэлементтерді енгізу кезінде минералды тыңайтқыштар аясында топырақтан 869,0-1153,9 г бор және 469,1-751,2 г мырыш сіңіріледі, ал минералды тыңайтқыштар енгізілгенде бұл көрсеткіштер сәйкесінше 689,3 г және 359,6 г болды. Бақылау нұсқасында бордың сіңірілуі 315,7 г/га, мырыштың сіңірілуі 185,2 г/га болды (сурет 3).

Болашак қант қызылшасы буданының өнімділігі Абулхайыр буданынан

тыңайтқыштар қолданылмаған нұсқада 4,0 т/га жоғары болды, $N_{300}P_{150}K_{300}$ тыңайтқышы енгізілген нұсқада 5,2 т/га жоғары, ал микроэлементтермен қоректендіру нәтижесінде 1,1-4,5 т/га жоғары болды. $N_{300}P_{150}K_{300}$ минералды тыңайтқыштарының жоғары мөлшерін қолдану Болашак және Абулхайыр будандарының өнімділігін арттырды, тиісінше 75,0 т/га және 69,8 т/га құрады, бұл бақылаумен салыстырғанда 30,0 т/га және 28,8 т/га артық. Азот-фосфор-калий негізіндегі микроэлементтермен қоректендіру нұсқаларында Болашак және Абулхайыр будандарының өнімділігі 78,1-82,0 т/га және 74,2-79,2 т/га аралығында болды, бұл бақылаумен салыстырғанда тиісінше 33,1-37,0 т/га және 33,2-39,9 т/га артты. Бор тыңайтқышының мөлшерін 1,5 л/га-дан 3 л/га-ға дейін арттыру Болашак және Абулхайыр будандарының өнімділігін тиісінше 0,7 т/га және 1,3 т/га арттырды. Мырыш тыңайтқышының мөлшерін 0,5 л/га-дан 1,0 л/га-ға дейін арттыру тиісінше 0,7 т/га және 0,6 т/га өсім берді. Бірге қолдану жағдайында бор мен мырыш тыңайтқыштарының мөлшерін 0,75 л/га ЯраВита Бортрак 150 және 0,25 л/га ЯраВита Цинтрак 700-ден 1,5 л/га ЯраВита Бортрак 150 және 0,5 л/га ЯраВита Цинтрак 700-ге дейін арттыру өнімділікті сәйкесінше 0,8 т/га және 1,7 т/га арттырды. Ең жоғары өнім Болашак қант қызылшасы буданы бойынша 1,5 л/га ЯраВита Бортрак 150 және 0,5 л/га ЯраВита Цинтрак 700 бірге қолданылған нұсқада 82,0 т/га құрады (кесте 1).

Бор және мырыш тыңайтқыштары, вегетация кезеңінде микроэлементтермен қоректендіру барысында Болашак және Абулхайыр қант қызылшасы будандарының тамыржемістерінде ең жоғары қант мөлшерін қамтамасыз етті, тиісінше 17,7-18,1% және 17,5-17,9% аралығында, ал олардың артуы бірдей болды, яғни 0,5-0,9%.

Тек минералды тыңайтқыштармен қоректендірілген нұсқаларда $N_{300}P_{150}K_{300}$ тыңайтқышының қолданылуы Болашак және Абулхайыр будандарының тамыр-жемістеріндегі қант мөлшерін төменірек арттырды, тиісінше 17,5% және 17,3%, бұл бақылаумен салыстырғанда 0,3% артық болды. Қанттың ең жоғары жинақталуы Болашак қант қызылшасы буданының тамыржемістерінде ЯраВитаБортрак 150 бор тыңайтқышы 1,5 л/га және ЯраВита Цинтрак 700 мырыш тыңайтқышы 0,5 л/га бірге қолданылған нұсқада байқалды, оның көрсеткіші 18,1% құрады. Ал Абулхайыр буданының тамыржемістерінде ең жоғары қант мөлшері фон+В+Zn₅ және фон+В+Zn₁₀ нұсқаларында анықталды, бұл көрсеткіш 17,9 % болды.

Қант жинауы тыңайтқыштар қолданылмаған нұсқада екі будан үшін

ең төменгі көрсеткішті көрсетті, ол 6,9-7,7 т/га аралығында болды. Минералды тыңайтқыштарды жоғары мөлшерде $N_{300}P_{150}K_{300}$ қолдану Болашак буданының қант жинауын 13,1 т/га-ға, ал Абулхайыр буданының қант жинауын 12,0 т/га айтарлықтай арттырды. Бор және мырыш тыңайтқыштарын қолдану және олардың мөлшерін арттыру минералды тыңайтқыштармен қоректендірілген жағдайда қант жинауын Болашак буданы үшін 13,8-14,8 т/га дейін, ал Абулхайыр буданы үшін 13,0-14,4 т/га дейін арттырды. Ең жоғары қант жинау Болашак қант қызылшасы буданында ЯраВита Бортрак 150 бор тыңайтқышы 1,5 л/га және ЯраВита Цинтрак 700 мырыш тыңайтқышы 0,5 л/га бірге қолданылған нұсқада тіркелді, бұл көрсеткіш 14,8 т/га құрады (кесте 1).

Кесте 1 – Микроэлементтер тыңайтқыштарын қолданудың қант қызылшасы будандарының өнімділігіне әсері

Нұсқалар	Болашак, т/га						Абулхайр, т/га					
	өнімділік	қосымша өнім	қанттың мөлшері %	бақылаудан ауытқуы	қанттың жинақталуы, т/га	бақылаудан ауытқуы	өнімділік	қосымша өнім	қанттың мөлшері, %	бақылаудан ауытқуы	қанттың жинақталуы, т/га	бақылаудан ауытқуы
Бақылау	45,0	-	17,2	-	7,7	-	41,0	-	17,0	-	6,9	-
$N_{300}P_{150}K_{300}$ -фон	75,0	30,0	17,5	0,3	13,1	5,4	69,8	28,8	17,3	0,3	12,0	5,1
Фон +В ₅	78,7	33,7	17,8	0,6	14,0	6,3	74,2	33,2	17,6	0,6	13,0	6,1
Фон +В ₁₀	79,4	34,4	17,9	0,7	14,2	6,5	75,5	34,5	17,7	0,7	13,3	6,4
Фон +Zn ₅	78,1	33,1	17,7	0,5	13,8	6,1	75,4	34,4	17,5	0,5	13,1	6,2
Фон +Zn ₁₀	78,8	33,8	17,8	0,6	14,0	6,3	76,0	35,0	17,6	0,6	13,3	6,4
Фон+В+Zn ₅	81,2	36,2	18,0	0,8	14,6	6,9	79,2	38,2	17,9	0,9	14,1	7,2
Фон+В + Zn ₁₀	82,0	37,0	18,1	0,9	14,8	7,1	80,9	39,9	17,9	0,9	14,4	7,5
НСР ₀₅	5,5						6,9					

Қанттың құрамынан басқа, қант қызылшасы тамыржемістерінің сапасын бағалауда негізгі қант емес заттарды да ескеру қажет, өйткені олардың мөлшерінің артуы қанттың мелассаға өтуіне әкеліп соғады.

Зерттеулер көрсеткендей, Болашак буданының тамыржемістерінде ең төменгі калий, натрий және α -амин азоты мөлшері тыңайтқыштар қолданылмаған нұсқаларда сәйкесінше 5,50 ммоль/100 г шикі масса, 0,60 ммоль/100 г шикі масса, және 1,25 ммоль/100 г шикі масса тіркелген. Минералды тыңайтқыштар $N_{300}P_{150}K_{300}$ жоғары мөлшерде қолданылған жағдайда бақылаумен салыстырғанда калий мөлшері 0,37 ммоль/100 г шикі масса, натрий 0,16 ммоль/100 г шикі масса, α -амин азоты 0,13 ммоль/100 г шикі массаға артты. Бор және мырыш тыңайтқыштарын жеке және бірге минералды тыңайтқыштар аясында қолдану кезінде бақылаумен салыстырғанда калий мөлшері 0,26-0,31 ммоль/100 г шикі масса, натрий 0,12-0,20 ммоль/100 г шикі масса, альфа-амин азоты 0,07-0,14 ммоль/100 г шикі массаға артты.

Абулхайыр буданы бойынша да калий, натрий, α -амин азотының құрамында ұқсас заңдылық байқалды, бірақ жалпы алғанда көрсеткіштер төмен болды. Минералды тыңайтқыштар мен микротыңайтқыштар қолданылған жағдайда бұл буданның себілген жерлерінде бақылаумен салыстырғанда калий мөлшері 0,70-0,90 ммоль/100 г шикі массасы, натрий 0,04-0,09 ммоль/100 г шикі массасы, альфа-амин азоты 0,10-0,18 ммоль/100 г шикі массасы деңгейінде артты. Абулхайыр буданының тамыржемістерінде ең төменгі калий, натрий, α -амин азотының мөлшері бақылау нұсқасында тіркелді, сәйкесінше 4,90 ммоль/100 г шикі массасы, 0,54 ммоль/100 г шикі массасы және 1,20 ммоль/100 г шикі массасы байқалды.

Болашак буданының тамыржемістерінде тыңайтқыштар қолданылған нұсқаларда күлдің мөлшері бақылаумен салыстырғанда 0,1% көп болды, ал Абулхайыр буданының тамыржемістерінде тәжірибенің барлық нұсқаларында күлдің мөлшері бірдей болып, 0,7% құрады (кесте 2).

Кесте 2 – Қант қызылшасы будандарының технологиялық сапа көрсеткіштеріне микротыңайтқыштардың әсері

Нұсқалар	Болашак, ммоль/100 г құрғақ масса			күл, %	Абулхайр, ммоль/100 г құрғақ масса			күл, %
	калий	натрий	α - амино азот		калий	натрий	α - амино азот	
Бақылау	5,50	0,60	1,25	0,6	4,90	0,54	1,20	0,7
$N_{300}P_{150}K_{300}$ -фон	5,87	0,76	1,38	0,7	5,60	0,58	1,30	0,7
Фон+В ₅	5,85	0,78	1,35	0,7	5,70	0,61	1,35	0,7
Фон+В ₁₀	5,76	0,78	1,32	0,7	5,74	0,63	1,30	0,7
Фон+Zn ₅	5,80	0,72	1,36	0,7	5,70	0,60	1,38	0,7
Фон+Zn ₁₀	5,77	0,75	1,38	0,7	5,76	0,61	1,35	0,7
Фон+В+Zn ₅	5,79	0,72	1,39	0,7	5,78	0,62	1,36	0,7
Фон+В+Zn ₁₀	5,81	0,80	1,36	0,7	5,80	0,62	1,32	0,7

ҚОРЫТЫНДЫ

Қант қызылшасы Болашак буданының жапырағында бордың мөлшері барлық тәжірибе нұсқаларында тамыр-жемістерге қарағанда 0,3-29,0 мг/кг жоғары болды. Ең көп бордың жинақталуы Абулхайыр буданының жапырағында кезең бойынша 25,0-41,0 мг/кг құрады, ал тамыр-жемістерінде бұл көрсеткіш аз болып, 14,0-29,5 мг/кг құрады.

Мырыш негізінен Болашак және Абулхайыр будандарында борға қарағанда аз мөлшерде жинақталды, оларды өсіру кезінде жапырақтарда, жапырағында және тамыр-жемістерде мөлшері тәжірибе нұсқаларында 7,0 мг/кг-ден 37,0 мг/кг-ке дейін өзгеріп отырды. Ең көп мөлшері Болашак буданының жапырағында байқалды, бұл жапырақтардың қатарларында қосылу кезеңінде ЯраВита Бортрак 150 борлы тыңайтқышын 1,5 л/га мөлшерімен және ЯраВита Цинтрак 700 мырыш тыңайтқышын 0,5 л/га мөлшерімен бірге қолданған кезде 37,0 мг/кг дейін жоғарылайтыны дәлелденген.

Микротыңайтқыш пайдалану кезінде жоғары минералды тыңайтқыштардың нормасы $N_{300}P_{150}K_{300}$ фонында Болашак және Абулхайыр будандарымен топырақтан бор мен мырыштың негізгі және қосымша өнімдермен шығымы бақылауға қарағанда жоғары болды, тиісінше 470,8-827,0 г/га және 259,9-497,6 мг/кг, және 553,3-838,2 мг/кг және 283,9-566,0 мг/кг. Минералды тыңайтқыштар $N_{300}P_{150}K_{300}$ нормасында қолдану Болашак және Абулхайыр будандарымен топырақтан бор мен мырыштың жалпы шығымын бақылаумен салыстырғанда азайтты, сәйкесінше 456,2 г/га және 150,7 г/га, сондай-ақ 373,6 г/га және 174,4 г/га.

Болашак буданы үшін 1 тонна тамыр жемісінің қалыптасуы кезінде топырақтан бор мен мырыш шығыны

тиісті түрде 885,5-1256,3 г/га және 380,3-727,2 г/га құрады, ал оларды қолданбаған жағдайда минималды шығындар 429,3 г/га және 229,6 г/га болды. Абулхайыр буданында осы мөлшерде түйнектерді тамыр жемісінің қалыптастыру үшін топырақтан бор мен мырыш шығыны аз болды, сәйкесінше 373,6-838,2 г/га және 174,4-566,0 г/га, ал тыңайтқыштар қолданылмаған жағдайда олар 315,7 г/га және 185,2 г/га құрады.

Минералды тыңайтқыштар фонында бор және мырыш тыңайтқыштарымен тамырдан тыс қоректендірулер Болашак және Абулхайыр будандарының тамыр жемісінің өнімділігін айтарлықтай арттырды. Өнімділік Болашакта 78,1-82,0 т/га, ал Абулхайырде 74,2-80,9 т/га жетті. Қанттың мөлшері Болашакта 17,7-18,1% аралығында, Абулхайырде 17,5-17,9% болды, ал қант жинауы сәйкесінше 13,8-14,8 т/га және 13,0-14,4 т/га құрады. Бақылаумен салыстырғанда өнімділік бойынша қосымша артықшылықтар 33,1-37,0 т/га және 33,2-39,9 т/га, қант мөлшері бойынша 0,5-0,9 % және 0,5-0,9 %, ал қант жинауы бойынша 6,1-7,1 т/га және 6,1-7,5 т/га жоғарылады.

Қолданылған тыңайтқыштар Болашак және Абулхайыр будандарының тамыр жемісінің қант емес заттардың мөлшерін арттырды. Мәселен, калийдің мөлшері сәйкесінше 0,26-0,37 ммоль/100 г шикі массасына және 0,70-0,90 ммоль/100 г шикі массасына, натрийдің мөлшері 0,12-0,20 ммоль/100 г шикі массасына және 0,04-0,09 ммоль/100 г шикі массасына, альфа-амин азотының мөлшері 0,07-0,14 ммоль/100 г шикі массасына және 0,10-0,18 ммоль/100 г шикі массасына дейін артты. Осы будандардың тамыр жемісінің күлдің мөлшерінде айтарлықтай өзгеріс байқалған жоқ, ол 0,6-0,7% аралығында байқалды.

Бұл мақала Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландыруымен орындалып жатқан №АР23490632 «Қазақстанның оңтүстік-шығысында қант қызылшасының жаңа будандары үшін бор және мырыш тыңайтқыштарын қолданудың тиімді тәсілдерін әзірлеу» жобасы аясында жарияланды.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Дроздова В.В., Булдыкова, И.А., Шеуджен, А.Х. Агрохимическая оценка применения макро- и микроудобрений при возделывании сахарной свеклы в Западном Предкавказье// Плодородие. – 2019. - № 1. – С. 8-11.
2. Минеев В.Г. Агрохимия. – М.: МГУ, 1990. – 486 с.
3. Протасова Н.А., Щербаков, А.П. Микроэлементы в черноземах и серых лесных почвах ЦЧ. – Воронеж, 2003. – 368 с.
4. Бастаубаева Ш., Конысбеков К., Табынбаева Л., Мусагоджаев Н., Елназарқызы Р. Влияние компонентов для инкрустации и дражировочной массы на всхожесть сахарной свеклы// Исследование и результаты. - 2021. -№3(91),-С.76–84.
5. Лицуков С.Д. Оптимальная доза азотных удобрений// Сахарная свекла. – 2004. - № 6. – С. 32-33.
6. Никитин В.В., Акинчин, А.В., Линков, Н.А., Линков С.А. Влияние длительного применения удобрений на динамику калия в зерносвекловичном севообороте// Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. - № 8. – С. 45-47.
7. Никитин В.В., Акинчин А.В., Линков С.А. Резервы повышения качества свекловичного сырья в условиях неустойчивого увлажнения ЦЧЗ// Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 4. – С. 46-48.
8. Власюк, П.А. Участие микроэлементов в обмене веществ растений// Биологическая роль микроэлементов. – М.: Наука, 1983. – С. 97-105.
9. Физиология сельскохозяйственных растений. – М.: МГУ, 1968. – Т. 7. - 426 с.
10. 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.
11. Лазарев, В.И., Шершнева, О.М., Шкрабак, Е.С. Препарат Биопак и микроэлементные удобрения необходимы при возделывании и хранении сахарной свеклы// Сахарная свекла. – 2012. - № 5. – С. 12-15.
12. Карпук, Л.М. Эффективна ли внекорневая подкормка// Сахарная свекла. - 2013. - № 3. – С. 15-17.
13. Минакова О.А., Тамбовцева, Л.В., Александров, Л.В. Продуктивность сахарной свеклы на различных фонах основной удобренности при применении коневых и некорневых подкормок// Агрохимия. – 2013. - № 9. – С. 40-47.
14. Минакова О.А. Способы применения микроудобрений Микровит и Органо Бор в посевах сахарной свеклы // Сахарная свекла. 2014. - № 3. – С. 15-17.
15. Петербургский А.В. Агрохимия и успехи современного земледелия Пушкино, 1989. – 222 с.
16. Антонова О.И., Чавкунькин, С.М. Влияние биологически активных веществ на вынос элементов питания в зависимости от доз и способов применения на льне масличном// Вестник АГАУ. – 2006. - № 1(21). – С. 8-11.
17. Комаров А.А. Механизмы действия гуминовых препаратов на растения//

Гуминовые вещества в биосфере: тр. 4-й Всерос. конф. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2007. – С. 462-470.

18. Жердецкий И.Н., Сутенко А.В. Влияние некорневой подкормки микроудобрениями на продуктивность сахарной свеклы и содержание в ней микроэлементов// Агрохимия. – 2010. – № 10. – С. 82-89.

19. Дедов А.В., Придворев, Н.И., Верзилин, В.В., Кузнецова Л.П. Система удобрения, продуктивность культур и плодородие чернозема выщелоченного// Агрохимия. – 2004. – № 5. – С. 36-46.

20. Косякин П.А. Роль микроудобрений в хелатной форме в повышении урожайности сахарной свеклы в плодосменном севообороте ЦЧР// Агрофорум. – 2019. - № 5. – С. 55-57.

21. Перспективная ресурсосберегающая технология производства сахарной свеклы (методические рекомендации). – М.: ФГИУ Россинформагротех, 2008. – С. 1-10.

22. [Электронный ресурс]: Особенности листовой подкормки// Кубанский сельскохозяйственный информационно-консультационный центр. – Режим доступа: (дата обращения 26.01.2019), свободный.

23. Мишура О.И., Вильдфлуш, И.Р., Лапа, В.В. Минеральные удобрения и их применение при современных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2011. – 176 с.

24. Семина С.А., Жеряков, Е.В., Жерякова, Ю.И. Динамика содержания макроэлементов в растениях сахарной свеклы при применении микроудобрений// Аграрный вестник Урала. – 2021. - № 01(204). – С. 21-29.

25. Уткин А.А. Системы удобрений сахарной свеклы// Сахар. - 2024. - № 1. – С. 20-28.

26. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. - 351 с.

REFERENCES

1. Drozdova V.V., Buldykova, I.A., Sheudzhen, A.Kh. Agrokhimicheskaya otsenka primeneniya makro- i mikroudobreny pri vozdelivanii sakharной svekly v Zapadnom Predkavkazye// Plodorodiye. – 2019. - № 1. – С. 8-11.

2. Mineyev V.G. Agrokhimiya. – М.: МГУ, 1990. – 486 с.

3. Protasova N.A., Shcherbakov, A.P. Mikroelementy v chernozemakh i serykh lesnykh pochvakh TsCh. – Voronezh, 2003. - 368 s.

4. Bastabayeva Sh., Konysbekov K., Tabynbayeva L., Musagodzhayev N., Yelnazarkyzy R. (2021). Vliyaniye komponentov dlya inkrustatsii i drazhirovochnoy massy na vskhozhest sakharной svekly. Issledovaniye i rezultaty, - №3 (91), - P. 76–84.

5. Litsukov S.D. Optimalnaya doza azotnykh udobreny// Sakharная svekla. – 2004. - № 6. – С. 32-33.

6. Nikitin V.V., Akinchin, A.V., Linkov, N.A., Linkov S.A. Vliyaniye dlitel'nogo primeneniya udobreny na dinamiku kaliya v zernosveklovichnom sevooborote// Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii. – 2012. - № 8. – С. 45-47.

7. Nikitin V.V., Akinchin A.V., Linkov S.A. Rezervy povysheniya kachestva sveklovichnogo syrya v usloviyakh neustoychivogo uvlazhneniya TsChZ// Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii. – 2013. – № 4. – С. 46-48.

8. Vlasjuk P.A. Uchastiye mikroelementov v obmene veshchestv rasteny// Biologicheskaya rol mikroelementov. – М.: Nauka, 1983. – С. 97-105.

9. Fiziologiya selskokhozyaystvennykh rasteny. – M.: MGU, 1968. – T. 7. – 426 s.
10. Dvoryankin A.E., Shashkov, D.G., Dvoryankin, Ye.A. Faktory, opredelyayushchiye biologicheskuyu aktivnost regulyatorov rosta, khelatnykh i guminovykh agrokhimikatov// Sakharnaya svekla. - 2009. - № 3. – S. 32-34.
11. Lazarev V.I., Shershneva, O.M., Shkrabak, Ye.S. Preparat Biopag i mikroelementnye udobreniya neobkhodimy pri vozdeystvii i khranении sakharnoy svekly// Sakharnaya svekla. – 2012. - № 5. – S. 12-15.
12. Karpuk L.M. Effektivna li vnekornevaya podkormka// Sakharnaya svekla. - 2013. - № 3. – S. 15-17.
13. Minakova O.A., Tambovtseva, L.V., Aleksandrov, L.V. Produktivnost sakharnoy svekly na razlichnykh fonakh osnovnoy udobrennosti pri primenении konevykh i nekornevyykh podkormok// Agrokhiimiya. – 2013. - № 9. – S. 40-47.
14. Minakova O.A. Sposoby primeneniya mikroudobreny Mikrovit i Organo Bor v posevakh sakharnoy svekly // Sakharnaya svekla. 2014. - № 3. – S. 15-17.
15. Peterburgsky, A.V. Agrokhiimiya i uspekhi sovremennogo zemledeliya// Pushchino, 1989. – 222 s.
16. Antonova O.I., Chavkunkin, S.M. Vliyaniye biologicheskii aktivnykh veshchestv na vynos elementov pitaniya v zavisimosti ot doz i sposobov primeneniya na lne maslichnom// Vestnik AGAU. – 2006. - № 1(21). – S. 8-11.
17. Komarov, A.A. Mekhanizmy deystviya guminovykh preparatov na rasteniya// Guminovye veshchestva v biosfere: tr. 4-y Vseros. konf. – SPb.: Izd-vo SPBGU, 2007. – S. 462-470.
18. Zherdetsky I.N., Sutenko A.V. Vliyaniye nekornevoy podkormki mikroudobreniyami na produktivnost sakharnoy svekly i soderzhaniye v ney mikroelementov// Agrokhiimiya. – 2010. – № 10. – S. 82-89.
19. Dedov A.V., Pridvoren, N.I., Verzilin, V.V., Kuznetsova L.P. Sistema udobreniya, produktivnost kultur i plodorodiye chernozema vyshchelochennogo// Agrokhiimiya. – 2004. – № 5. – S. 36-46.
20. Kosyakin P.A. Rol mikroudobreny v khelatnoy forme v povyshenii urozhaynosti sakharnoy svekly v plodosmennom sevooborote TsChR// Agroforum. - 2019. - № 5. – S. 55-57.
21. Perspektivnaya resursosberegayushchaya tekhnologiya proizvodstva sakharnoy svekly (metodicheskiye rekomendatsii). – M.: FGIU Rossinformagrotekh, 2008. – S. 1-10.
22. [Elektronnyy resurs]: Osobennosti listovoy podkormki// Kubansky selskokhozyaystvennyy informatsionno-konsultatsionnyy tsentr. – Rezhim dostupa: (data obrashcheniya 26.01.2019), svobodny.
23. Mishura O.I., Vildflush, I.R., Lapa, V.V. Mineralnye udobreniya i ikh primeneniye pri sovremennykh tekhnologiyakh vozdeystviya selskokhozyaystvennykh kultur. – Gorki: Belorusskaya gosudarstvennaya selskokhozyaystvennaya akademiya, 2011.– 176s.
24. Semina S.A., Zheryakov, Ye.V., Zheryakova, Yu.I. Dinamika soderzhaniya makroelementov v rasteniyakh sakharnoy svekly pri primenении mikroudobreny// Agrarny vestnik Urala. – 2021. - № 01(204). – S. 21-29.
25. Utkin A.A. Sistemy udobreny sakharnoy svekly// Sakhar. - 2024. - № 1. – S. 20-28.
26. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy). – M.: Agropromizdat, 1985. - 351 s.

РЕЗЮМЕ

А.Э. Хидиров¹, А.Д. Малимбаева^{1*}, Б.М. Амангалиев¹, Е.К. Жусупбеков¹,
М.Б. Батырбек¹, А.М. Сагимбаева¹, К.У. Рустимова¹, А.М. Солтанаева¹, А.М. Шибикеева²
ВЛИЯНИЕ БОРНЫХ И ЦИНКОВЫХ МИКРОУДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ
САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

¹Казахский научно-исследовательский институт земледелия и
растениеводства, 040909, Алматинская область, Карасайский район,
Алмалыбак, Казахстан, *e-mail: malimbaeva1903@yandex.ru

²Казахский национальный аграрный исследовательский университет,
050006, Алматы, пр. Абая, 8, Казахстан

В условиях орошаемых светло-каштановых почв юго-востока Казахстана недостаточно изучена эффективность влияния микроудобрений, особенно бора и цинковых удобрений на урожайность отечественных гибридов сахарной свеклы интенсивного типа. В современных агротехнологиях выращивания сахарной свеклы на фоне макроэлементов невозможно получить высокий и качественный урожай без использования микроэлементов в внекорневой подкормке. Целью исследования было изучение влияния бора и цинковых удобрений и их комбинаций на урожайность новых отечественных гибридов сахарной свеклы. Наибольшее накопление бора наблюдалось в период смыкания листьев между рядками гибрида Болашак сахарной свеклы. Это было обнаружено на уровне 47,0 мг/кг при совместном применении ЯраВиты Бортрак 150 удобрений Бора (1,5 л/га) и ЯраВиты Цинтрак 700 удобрений цинка (0,5 л/га). Максимальное содержание цинка наблюдалось в период смыкания листьев в рядках гибрида Болашак и составляло 37,0 мг/кг при совместном внесении удобрений ЯраВита Бортрак 150 (1,5 л/га) и ЯраВита Цинтрак 700 (0,5 л/га). Бор накапливался в основном больше, чем цинк, а корнеплоды гибрида Болашак накапливали его больше, чем гибрид Абулхаира. Самый высокий показатель наблюдался в варианте Фон+В+Zn₁₀ и составил 647,5 г/га. Наибольшее высвобождение цинка наблюдалось в листьях гибрида Абулхаира и достигло 384,3 г/га при внесении удобрений ЯраВита Бортрак 150 (1,5 л/га) и ЯраВита Цинтрак 700 (0,5 л/га). Для формирования 1 тонны корнеплодов и листьев гибрида Болашак израсходовано 1256,3 г/га бора и 727,2 г/га цинка, а для гибрида Абулхаир - 1153,9 г/га и 751,2 г/га соответственно. В данном варианте обеспечена максимальная масса корнеплода гибрида Болашак – 82,0 т/га, сахаристость – 18,1%, а валовый сбор сахара – 14,8 т/га. Максимальная урожайность гибрида Абулхаир составила 80,9 т/га при внесении удобрений ЯраВита Бортрак 150 (1,5 л/га) и ЯраВита Цинтрак 700 (0,5 л/га). Содержание сахара в вариантах Фон+В+Zn₁₀ и Фон+В+Zn₅ составило 17,9%, а валовый сбор сахара в варианте Фон+В+Zn₁₀ – 14,4 т/га.

Ключевые слова: сахарная свекла, гибрид, бор, цинк, листовая подкормка, урожайность, сахаристость.

SUMMARY

A.E. Khidirov¹, A.D. Malimbayeva^{1*}, B.M. Amangaliyev¹, E.K. Zhusupbekov¹, M.B. Batyrbek¹,
A.M. Sagimbayeva¹, K.U. Rustemova¹, A.M. Soltanayeva¹, A.M. Shibikayeva²
INFLUENCE OF BORON AND ZINC MICROFERTILIZERS ON SUGAR BEET PRODUCTIVITY

¹Kazakh Scientific Research Institute of Agriculture and Plant Growing,
040909, Almaty region, Karasai district, Almalybak, Kazakhstan,
*e-mail: malimbaeva1903@yandex.ru

²Kazakh National Agrarian Research University, 050006, Abai, 8, Almaty, Kazakhstan

The efficiency of micronutrient fertilizers, particularly boron and zinc, on the productivity of domestic intensive sugar beet hybrids in the southeastern region has not been sufficiently studied. In modern agronomic technologies for sugar beet cultivation, achieving high yields is impossible without the application of micronutrients through foliar feeding alongside macronutrients. The objective of this study was to examine the impact of boron and zinc fertilizers, as well as their combinations, on the productivity of new domestic sugar beet hybrids.

The highest accumulation of boron was observed in the Bolashak hybrid at the row closure stage. This was recorded at 47.0 mg/kg when YaraVita Bortrac 150 (1.5 L/ha) and YaraVita Zintrac 700 (0.5 L/ha) were applied together. The maximum zinc concentration was also observed in the Bolashak hybrid at the same growth stage, reaching 37.0 mg/kg under the same fertilization conditions. Boron was excreted in greater quantities compared to zinc, and the root crops of the Bolashak hybrid accumulated more boron than those of the Abulkhair hybrid. The highest recorded value was observed in the Background+B+Zn₁₀ treatment, reaching 647.5 g/ha. Zinc excretion was most pronounced in the leaves of the Abulkhair hybrid, reaching 384.3 g/ha under the application of YaraVita Bortrac 150 (1.5 L/ha) and YaraVita Zintrac 700 (0.5 L/ha). For the formation of 1 ton of root crops and leaves, the Bolashak hybrid required 1256.3 g/ha of boron and 727.2 g/ha of zinc, while the Abulkhair hybrid required 1153.9 g/ha and 751.2 g/ha, respectively. In this variant, the highest root yield of the Bolashak hybrid was 82.0 t/ha, with a sugar content of 18.1% and a sugar yield of 14.8 t/ha. The highest yield of the Abulkhair hybrid was 80.9 t/ha when YaraVita Bortrac 150 (1.5 L/ha) and YaraVita Zintrac 700 (0.5 L/ha) were applied. The sugar content in the Background+B+Zn₁₀ and Background+B+Zn₅ treatments was 17.9%, while the highest sugar yield (14.4 t/ha) was recorded in the Background+B+Zn₁₀ treatment.

Keywords: sugar beet, hybrid, boron, zinc, foliar feeding, yield, sugar content.

АВТОРЛАР ТУРАЛЫ МӘЛІМЕТТЕР

1. Хидиров Азамат Эдильбаевич - басқарма Төрағасының ғылым жөніндегі орынбасары, ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6555-7382>, e-mail: aza_hid@mail.ru

2. Малимбаева Алмагул Джумабековна - топырақтану және агрохимия зертханасының меңгерушісі, ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3117-042X>, e-mail: malimbaeva1903@yandex.ru

3. Амангалиев Батыргалий Мурзабаевич - топырақтану және агрохимия зертханасының аға ғылыми қызметкері, ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2621-6427>, e-mail: batyr.amangaliev@mail.ru

4. Жусупбеков Ербол Капарович - топырақтану және агрохимия зертханасының аға ғылыми қызметкері, ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9177-8982>, e-mail: erbol.zhusupbekov@mail.ru

5. Батырбек Максат Батырбекович - топырақтану және агрохимия зертханасы, ғылыми қызметкер, PhD, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0081-2602>, e-mail: batyrbek-maksat@bk.ru

6. Сагимбаева Айна Муратовна - топырақтану және агрохимия зертханасының ғылыми қызметкері, ауыл шаруашылығы ғылымдарының магистрі, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1481-2187>, e-mail: ainasagimbaeva_78@mail.ru

7. Рустимова Карлыга Усенгалиевна - топырақтану және агрохимия зертханасының кіші ғылыми қызметкері, ауыл шаруашылығы ғылымдарының магистрі, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5086-2790>, e-mail: karligaw_91@bk.ru

8. Солтанаева Акерке Мырзабаевна - топырақтану және агрохимия зертханасының кіші ғылыми қызметкері, ауыл шаруашылығы ғылымдарының магистрі, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-8205-3438>, e-mail: soltanayeva@gmail.com

9. Шибикеева Айгерим Мейрамбаевна - деканның оқу ісі жөніндегі орынбасары, PhD, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2085-2027>, e-mail: shm.aigerim@mail.ru

ДЛЯ ЗАМЕТОК

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

