



ISSN 1999-740X (Print)
ISSN 2959-3433 (Online)
№ 3 (71) СЕНТЯБРЬ 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

№ 3 (71) СЕНТЯБРЬ 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

№ 3 (71) сентябрь 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

География и генезис почв

- М.Р. Babayev, F.M. Ramazanova, R.I. Mirzazade** Regarding the matter on protection of the soil genofund of Azerbaijan.....5
- Г.А. Звягин, Р.Х. Рамазанова, А.В. Бецыв, А.И. Иорганский** Влияние геоморфологических условий на технологическое развитие органического земледелия в Костанайской области.....19

Засоление и мелиорация почв

- Б.М. Амиров, С.О. Базарбаев, О.С. Жандыбаев, М.Н. Пошанов, О.С. Курманакын** Моделирование засоленности почв с использованием кондуктометрии 30
- М.Н. Пошанов, Р.Х. Рамазанова, С.Н. Дүйсеков, Н.С. Әсімжанов, З.А. Зәріп** Көксарай су қоймасына іргелес жатқан жерлердің агрохимиялық және топырақ-мелиорациялық жағдайын ГАЖ арқылы және далалық зерттеулер негізінде бағалау 45

Дегградация и охрана почв

- А. Ахатов, В.Б. Нурматова, С.С. Буриев** Состояние меди, цинка и их резервов в орошаемых и целинных сероземах Узбекистана..... 59
- Y. Zhakupbek, M. Toktar, M. Massimzhan, Y.T. Uteyev, S. Tursbekov, T.B. Nurpeissova, B.B. Kumiskhanova** Investigation of soil degradation processes in the Makat farm in Atyrau region..... 71

Агрохимия

- А.Т. Айтбаева, Т.Е. Айтбаев, Л.А. Бурибаева** Өсімдіктердің өсуін үдеткіш жаңа биопрепараттардың көкөністік тамыржемістілердің тұқымдарының сапалық көрсеткіштеріне әсері 82
- A.D. Gazizov, A.S. Sakhibek, A.K. Mukangaliyeva, A.S. Kenzheshov, A. Amanzholkyzy, G.A. Saparov** Study of the influence of organomineral fertilizer- ameliorants based on natural aluminosilicates and biologically active substances on the growth of *Phaseolus vulgaris*. Part 2..... 95

Обзорная статья

- В.Н. Гусев, С.Б. Кененбаев, Б.М. Амангалиев, А.М. Сагимбаева, К.У. Рустемова** Использование соломы в богарном земледелии юго-востока Казахстана 107

CONTENT

Soil geography and genesis

M.P. Babayev, F.M. Ramazanova, R.I. Mirzazade Regarding the matter on protection of the soil genofund of Azerbaijan.....5

G.A. Zvyagin, R.Kh. Ramazanova, A.V. Betsyv, A.I. Iorgansky Influence of geomorphological conditions on the technological development of organic farming in Kostanay region.....19

Salinization and soil reclamation

B.M. Amirov, S.O. Bazarbayev, O.S. Zhandybayev, M.N. Poshanov, O.S. Kurmanakyn Modeling soil salinity using conductometry30

M.N. Poshanov, R.H. Ramazanova, S.N. Duysekov, N.S. Assimzhanov, Z.A. Zarip Assessment of the agrochemical and soil-reclamation condition of lands adjacent to the Koksarai reservoir based on gis and field studies45

Soil degradation and protection

A. Akhatov, V. Nurmatova, S. Buriev State of copper, zinc and their reserves in irrigated and virgin serozems of Uzbekistan.....59

Y. Zhakypbek, M. Toktar, M. Massimzhan, Y.T. Uteyev, S. Tursbekov, T.B. Nurpeissova, B.B. Kumiskhanova Investigation of soil degradation processes in the Makat farm in Atyrau region71

Agrochemistry

A.T. Aitbayeva, T.Ye. Aitbayev, L.A. Buribayeva Influence of new plant growth-stimulating biopreparations on the quality indicators of vegetable root crop seeds82

A.D. Gazizov, A.S. Sakhbek, A.K. Mukangaliyeva, A.S. Kenzheshov, A. Amanzholkyzy, G.A. Saparov Study of the influence of organomineral fertilizer- ameliorants based on natural aluminosilicates and biologically active substances on the growth of *Phaseolus vulgaris*. Part 2.95

Review

V.N. Gusev, S.B. Kenebayev, B.M. Amangaliyev, A.M. Sagimbayeva, K.U. Rustemova Use of straw in rainfed agriculture of southeast Kazakhstan107

ГЕОГРАФИЯ И ГЕНЕЗИС ПОЧВ

IISTl: 68.05.31

DOI:10.51886/1999-740X_2025_3_5

M.P. Babayev¹, F.M. Ramazanova^{1*}, R.I. Mirzazade¹REGARDING THE MATTER ON PROTECTION OF THE SOIL GENOFUND
OF AZERBAIJAN¹Ministry of Science and Education Republic of Azerbaijan Institute of Soil Science
and Agrochemistry. 5 M. Rahima Str., Baku 1073, Azerbaijan,

e-mail: firoza.ramazanova@rambler.ru

Abstract. Considering that a soil genofund of Azerbaijan on presence of various types (mountain-meadow, mountain-meadow-steppe, mountain-forest yellow earth, mountain-forest brown, mountain-forest brown, meadow-steppe, grey-brown, grey earth and meadow-grey earth, etc.) with the morphological, physical and chemical and biological features as it is known are formulated. The protection of these unique natural resources is relevant for soil scientists in Azerbaijan. The aim of the research - to study virgin and anthropogenically modified individual types of soils, to identify changes that have arisen in the genetic horizons associated with agrocenoses. The deluvial deposits are characteristic of foothill zones. According to the granulometric composition is gravel- clayey -loamy, high-carbonate. The ratio of physical sand [>0.01 mm] to physical clay [<0.01 mm] is 0.6. Proluvial deposits are adapted to the lower part of the apron. According to the granulometric composition - medium and heavy loamy, carbonate. Characterized by a higher sand fraction ($41.2 \pm 0.55\%$), the ratio of physical sand to physical clay- 1.9. In the meter-thick layer of irrigated soils, the granulometric composition is slightly loamy, the content of the silt fraction -28.3 ± 1.08 – $31.8 \pm 0.83\%$, physical clay – 63.0 ± 1.8 – 65 ± 1.1 . This is 4–6% (dry steppe zone) and –3.5% (semi-desert zone), respectively. Depending on the nature of the irrigation relief, a comparative increase in clayey (4.7%) and light clayey (5.2%) granulometric composition is observed in irrigated soils. In the granulometric composition changes between the light loamy, and light clayey (20.6%) mode (57.7%) in the virgin meadow-grey soils, then it becomes from irrigative loamy to heavy clayey (mode 60.6%). An upper part of profile is considerably humified: 1.19 g/cm^3 – changing coefficient is 6.88% (dry-steppe zone) and 1.30 g/cm^3 – changing coefficient is 3.78% (semi-desert). The virgin zonal soils of arid subtropics are rich in humus. An average statistical quantity of humus in 0 – 25 cm layer is 2.5 – 2.8% in the dry-steppe, 1.6–2.0% - in the semi-desert zones. Humus gradually rises (newly irrigated---> irrigated--->ancient--->irrigated) in the process of collecting agro-irrigation reserves, formation of reserve organic matter in the soil.

Keywords: soil genofund, soil types, granulometric composition, humus, genetic layers.

INTRODUCTION

In various ecological conditions, characteristic types of soils (mountain-meadow, mountain-meadow-steppe, mountain-forest yellow earth, mountain-forest brown, mountain-forest brown, meadow-steppe, grey-brown, grey earth and meadow-grey earth, etc.), with the morphological, physical and chemical and biological features as it is known are formulated. Presence for each type of soils of specific characteristics as a matter of fact reflect evolution of these soils in their dialectic unity with environment. It is

necessary to cancel very important detail which is connected with an eco-geographical area of each type of soils.

Along with environmental conditions development of these soils passes at active participation biological (vegetation, live organisms) factors with which is connected about their fertility and ability to form a biomass. Fundamental questions of soil formation, were engaged not only classics of soil science B.B. Dokuchaev [1], but also their followers – N.M. Fridland [2], V.R. Volobuyev [3], V.A. Kovda [4].

Preservation of virgin soils probably only in not broken biogeocenoses. The Primary goal which should be solved at creation of system of soil standards is finding-out of their close interrelation with nature protection actions reference natural biogeocenoses (reserves, national parks).

For maintenance of stability of reference soils preservation not only soil formation factors, but also developed evolutionary interrelations between separate soil differences is necessary. Usually, such structure of a soil cover is characteristic for regions, extreme on a theme or to other ecological factor (to temperature, humidity, humus, etc.) where insignificant heterogeneity of the factor conducts to essential change of properties of soil.

Thus, at allocation of the basic standards of soils, for the basic unit suggest to accept a province it is soil - geographical or it is soil - ecological division into districts. As additional standards suggest to allocate also soil differences high taxonomic level taking positions with ecological conditions changing in a certain direction, soil creation processes and properties [5]. The problem of protection of soils is actual for soil scientists of Azerbaijan.

Research work on studying of soils of separate regions is done. These researches were based on main principles of classical soil science. Thanks to the system approach, and also the theoretical analysis of the received results it was possible to classify republic soils, to make their systematization according to the international requirements [6-8], studying of geographical distribution of soils [3, 7, 9, 10]. The essential importance was got by studying anthropogenesis - the changed soils. In this context it was rather studied the virgin and irrigated cultivated analogues of separate types of soils, and the arisen changes in genetic horizons connected with creation agrosenoz [11, 12] were specified.

Azerbaijan on the to climatic parameters and ecological conditions essentially differs from many regions of the world. Here there are almost many natural complexes with characteristic (endemic) soils, a biodiversity and economic activities of the person. Protection of these unique natural riches is a nation-wide problem. The law of Azerbaijan has collected in itself all stored experience of scale work in the field of land management and land tenure. In documents "Soil code of the Republic of Azerbaijan" H.A. Aliyev accepted under the direction of the president on August, 8th, 1999 it is said that it is necessary to create conditions for rational use of the earths and their protection, restoration and increase of fertility of the earths, preservation and environment improvement.

Environments of soils extended in the republic are available such types which are dominating, and during too time there are soils the limited area of distribution. But having the essential importance, both for formation native, and for development in these regions of various agricultural production.

To soil museum created at the Institute of Soil Science and Agro Chemistry, NASA special mission after protection of soil and other biological resources, and also carrying out among the population scientifically - informative lectures, seminars, demonstration of the collected material [7, 13].

The scientific novelty of the research lies in the study of the geographical distribution of soils, the establishment of dominant and limited types of soils in the soil environments of the Republic.

The aim of the research is to study virgin and anthropogenically modified individual types of soils, to identify changes that have arisen in the genetic horizons associated with agrosenoses. This is the scientific interest and relevance of these studies.

MATERIALS AND METHODS

The object of the research is the soils of the foothills and plains of the dry subtropical zone of Azerbaijan (Piedmont sloping plain, 0.7-1.0°, Piedmont sloping lowland, 0.5-1.0°). The research methods are comparative-geographical (geographical patterns of distribution of these soils by granulometric composition, gypsum and salt by genetic horizons) and comparative-analytica.

On the plots, soil sections were laid (the number of profiles in the arid dry-steppe zone – 36 and in the semi-desert zones – 26), a morphological description was carried out, soil samples were taken from the genetic horizons [14, 15]. In soil samples, the granulometric composition was determined by the pipette method (N.A. Kachinsky in preparation for the analysis of the soil by the pyrophosphate method according to S.I. Dolgov and A.I. Lichmanova), the content of gypsum and salt – according to E.B. Arinushkin [16].

The statistical processing of the obtained data was carried out according to B.A. Dospekhov [17].

RESULTS AND DISCUSSION

In various ecological conditions, characteristic types of soils are distinguished (mountain-meadow, mountain-meadow-steppe, mountain-forest yellow soils, mountain-forest brown, mountain-forest brown, meadow-steppe, gray-brown, gray soils and meadow-gray soils, etc.), which, as is known, have their own morphological, physicochemical and biological features. The presence of specific characteristics for each type of soil essentially reflects the evolution of these soils in their dialectical unity with the environment [18-20]. Climate, along with parent rocks, plays an important role in soil formation. Due to the large number of soil types common in different zones of Azerbaijan, we will provide information about climate in the dry subtropical zone, (table 1).

Table 1- Average annual climate indicators [21-23]

Station	Temperature, °C	Total radiation, ccal/cm ²	Radiation balance, ccal/cm ²	Precipitations, mm	Evaporation, mm	Fertility coefficient	Dryness coefficient (according to Budakov)	Quantity of temperature higher than 10°C
Absheron	13,6	130	51,3	200	1064	>1,0	0,25	4800
Aghjabadi	14,0	-	-	310	-	0,30	3,20	4424
Yevlakh	14,4	129	45,5	278	1139	0,24	4,09	4410
Kurdamir	14,5	134	47,1	341	1034	0,23	3,03	4410
Goychay	14,0	-	-	433	930	0,47	2,14	4410
Imishli	13,8	131	47,1	265	990	0,27	3,73	4347
Aghstafa	13,1	127	47,5	400	-	0,38	2,70	4300
Beylagan	13,8	-	-	345	-	0,42	3,32	4221
Aghdam	13,2	133	45,7	460	848	0,54	1,84	4033

The soil-forming rocks in these regions are represented by the newest Quaternary, mainly loose, deposits, which are products of the weathering of sandstones, limestones, calcareous marls, quartz porphyrites, basalts, Lower Cretaceous

granodiorites, quartz diorites, rocks belong to the 3th period.

Chalk loamy-gravelly, clayey-loamy alluvial, and proluvial-deluvial sediments and sandy rocks are found etc. (table 2).

Table 2 - Average statistical indicators of the granulometric composition in the soil-forming rocks, %

Soil-forming rocks	Size of particles, (mm)						
	1-0,05	0,05-0,01	0,05-0,001	<0,001	<0,01	> 0,001	<0,01mm
Deluvial	8,9±1,14	29,3±0,91	66,4±1,22	24,7±1,32	62,0±1,45	38,0±1,37	0,61
Proluvial	20,0±2,57	27,3±2,67	58,9±3,15	20,9±0,64	50,6±2,15	49,4±1,6	0,98
Alluvial	40,0±0,55	24,3±2,42	45,0±2,35	15,0±2,30	34,7±1,81	65,3±2,76	1,88

Deluvial deposits are adapted to the foothill zones. And they are represented by the granulometric composition with gravel-clayey-loamy, high calcareous and more or less well-sorted materials.

The powder fractions predominated among the fractions of the granulometric composition, the ratio of physical sand [$<0,01\text{mm}$] to physical clay [$<0,01\text{mm}$] is equal to 0.6 (table 2).

Proluvial deposits are adapted to low part of the plume. They are calcareous, medium and heavy loamy in granulometric composition.

Alluvial sediments develop in the valleys, in the ancient cones of the river floats, dry ravines. A mixture of gravel, sand and clay stratum are found in their cross-section.

These deposits are characterized by the higher sand fraction which is $41.2 \pm 0.55\%$, and sometimes it becomes more, a ratio of physical sand to physical clay is 1.9 in comparison with the previous empty deposits.

As it is known, the soils are characterized with the definite appearance and special morphological structure. V.V. Dokuchayev gave a method of study of composition and characters of genetic layers from legal land profile on a scientific basis for the first time.

The morphogenetic analyses which were performed with the purpose of clarifying the modern and ancient features of soil profile help to learn soil, its establishment date, evolution of soils in the modern and cultivated zone.

The agricultural work in soils the soil morphology fundamentally changes, radical genetic changes are created in soil during prolonged irrigation.

Indexation of genetic layers by the Institute of Soil Science named after V.V. Dokuchayev was carried out on the basis of the system of genetic symbols of soils.

The parameters obtained on the basis of generalized and statistic study of numerous field investigations of typical sections describe main types of morphological structure of dry-steppe and semi-desert zones and virgin, rain fed, irrigated arid field (table 3, 4).

The soil profile allows to describe a quantity from virgin soils to highly cultivated thick agro-irrigation floats in various stages of the evolution.

In order to get an average value of morphological parameters of soil profile, statistically homogenous granulometric formations in the main rocks, heavy loamy and light clayey sections were tested.

Table 3 - Average statistical morphological indicators of soils in the arid dry-steppe zone

Indicators	Virgin	Rainfed	Newly irrigated	Irrigated	Anciently irrigated
Thickness of layers, cm: A-Aa	34,7±0,70	37,1±1,00	42,6±1,23	51,5±1,10	66,8±2,19
A0	3,2±0,40	-	-	-	
A1' A1'p-A1'a	18,5±0,71	19,3±0,42	25,6±0,66	26,1±0,45	27,2±0,57
A1"-A1"p-A1"a	14,8±0,55	17,8±0,80	17,2±1,05	24,2±0,64	25,2±0,57
A1''' a	-	-	-	-	20,3±1,31
Agro-irrigation	-	-	-	-	99,8±4,47
Depth with carbonate, cm	39,0±1,28	46,7±2,36	65,4±2,35	97,1±2,40	-
Layer formation in depth, cm: Gypsum	102,7±3,38	104,6±2,44	113,4±7,68	145,5±6,30	-
Salt	153,1±7,36	159,2±6,26	-	-	-

A statistical analysis of the main morphological indicators allows to get a correct average value of genetic layers (density) of the new soil for solution of the real problem, to show a change rate of the profile in a process of soil cultivation.

An average quadratic inclination ($S=4-12$ cm), and relative error ($P=4-10\%$) can be considered an average value. This confirms correctness of the obtained average value.

Table 4 - Average statistical morphological indicators in the soils of the semi-desert zones

Indicators	Virgin	Newly irrigated	Irrigated	Anciently irrigated
Thickness of layers, cm: A-Aa	31,5±1,51	40,1±1,64	51,1±1,16	64,0±1,75
Ad	4,4±0,52	-	-	-
A1' A1'a	15,8±0,99	25,8±0,42	23,9±0,56	25,9±0,49
A1"A1"a	15,0±1,01	13,1±0,93	21,2±0,64	21,7±0,92
A1'''	-	-	-	25,3±1,25
Agro-irrigation Ai	-	-	-	8±3,56
Depth with carbonate, cm:	41,9±3,81	46,1±2,31	75,1±2,38	-
Depth of the layer formation, cm: Gypsum	67,1±5,50	96,7±6,40	139,1±6,89	149,9±9,39
Salt	70,3±5,96	109,3±3,99	131,2±6,87	-
Gley	161,0±7,27	157,5±7,35	63,7±9,94	75,9±5,25

The soil-forming rocks are mainly modern gypseous calcareous deluvial loessial clayey for virgin, rainfed and irrigated soils.

Granulometric composition of agro-irrigation layers (density 100-200 cm) is mainly light clayey in the irrigation-accumulative soils during irrigation with river waters.

Though a source of irrigated waters is various, a composition of dependent floats entering the area is the same silt fraction (33-34%), and physical clayey (72-73%).

Sometimes increase of these values is observed (about 20-25 cm and 20-30%), it is related to decrease of loss or displacement features of the morphological indicators of soil.

Consequently, an average quantity can express general objective laws in cultivation process. The prolonged and systematic irrigation is a reason for strong change of agrophysical features in the zonal soils.

V.A. Kovda [4] indicates that an application of cultivation in the dry-steppe and semi-desert condition improves water-physical features of virgin soils, rises their waterproofing, waterpenetration, ability to retain moisture reserve in soil. A great attention is paid to change of agrophysical characters of the cultivation process in foreign references.

The heavy loamy granulometric composition is characteristic for virgin soils of the dry-steppe zone of A-layer. On average < 0.01 mm – 56.7+1.18% (table 5).

Table 5 - Average statistical data of the granulometric composition in the soil

Soils and number of cases	Average depth, cm	Fraction<0,01mm, %				Fraction<0,001mm, %				Silt ness degree, %
		x	s	v	s _x	x	s	v	s _x	
Dry-steppe zone										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Virgin , 36	0-25	56,7	6,76	11,93	1,18	24,2	5,99	24,81	1,04	43
	25-50	64,3	5,36	8,34	0,93	28,6	5,01	17,45	0,88	45
	50-100	60,8	5,21	8,58	0,85	25,4	4,80	18,91	0,68	42
	100-200	58,0	12,17	21,00	2,33	20,4	6,37	31,21	1,23	35
	200-300	56,9	9,79	17,21	2,95	20,6	8,40	40,65	2,53	36
Irri-ga-ted, 36	0-25	57,6	4,64	8,04	0,80	25,8	1,71	6,60	0,30	45
	25-50	59,2	7,38	12,45	1,25	27,7	5,41	19,54	0,92	47
	50-100	58,7	8,47	14,42	1,26	26,7	5,52	14,42	0,82	45
	100-200	53,8	11,00	20,40	1,59	24,3	2,93	12,06	0,42	45
	200-300	47,9	11,14	33,21	2,76	16,6	6,63	40,01	1,65	37
Ancie ntly Irriga-ted, 36	0-25	63,0	6,66	10,60	0,97	29,2	7,71	26,12	1,12	46
	25-50	65,4	7,30	11,15	1,10	31,8	5,51	11,15	0,83	49
	50-100	64,7	7,90	12,21	0,98	30,6	7,58	27,74	0,94	47
	100-200	59,4	10,64	17,81	1,40	26,0	5,29	20,34	0,70	44
	200-300	57,4	9,29	16,17	1,73	23,0	5,21	22,62	0,94	40
Semidesert zone										
Vir-gin, 26	0-25	55,0	7,44	13,54	1,69	19,7	5,82	29,58	1,34	36
	25-50	59,2	6,26	10,58	1,48	22,0	4,16	18,90	0,95	38
	50-100	52,4	11,45	21,86	2,50	21,8	5,35	24,52	1,17	42
	100-200	47,9	8,88	18,54	1,89	19,5	5,55	29,28	1,18	41
	200-300	50,8	4,88	9,63	1,73	19,3	3,01	15,61	1,06	38

Table 5 (continued)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Irriga- ted, 26	0-25	59,6	7,48	12,55	1,21	27,4	4,83	17,60	0,77	11
	25-50	59,9	10,49	17,52	1,58	28,0	5,86	20,96	0,88	47
	50-100	58,8	9,68	16,48	1,21	26,0	8,12	31,23	1,01	46
	100-200	58,0	11,58	19,96	1,31	25,1	4,57	18,24	0,53	44
	200-300	56,1	14,28	25,44	2,52	23,3	7,33	31,40	1,30	43
Anci- ently Irriga- ted, 26	0-25	60,3	13,71	22,76	2,89	25,8	9,63	37,41	1,61	43
	25-50	63,0	7,09	11,25	1,18	28,3	6,47	22,84	1,08	45
	50-100	62,4	12,57	20,15	1,58	26,6	8,85	33,27	1,11	43
	100-200	59,5	16,37	27,54	1,75	26,4	8,83	33,45	0,96	44
	200-300	59,3	14,73	26,14	2,15	26,8	11,96	44,64	1,74	45

A quantity of notable clayey particles < 0.01 mm is noted in the middle part (25-50 cm) of profile. The high dispersion fraction is 45% of physical clay, this confirms clay of the same profile. A composition of virgin soils in the semi-desert zones is lighter than the virgin soils of the dry-steppe zone, and clayey of the profile is weak. It is known that a granulometric composition of the initial zonal soils aggravates during irrigation. The soil composition in the condition changes under the influence of multi-factor irrigation and the source of irrigated waters, antiquity of irrigation, gathering of irrigation floats depend on their lithological composition.

The composition of irrigated soils aggravates more than virgin soils under an influence of prolonged turbid river waters, (light-clayey-silty), and differs by the similarity of the profile. This is characteristic for rainfed soils. The weak loamy is noted in the one-metre layer, a composition of silt fraction is 28.3 ± 1.08 - 31.8 ± 0.83 % physical clay is 63.0 ± 1.8 - 65 ± 1.1 . It is accordingly 4-6% (dry-steppe

zone) and 3.5% (semi-desert zone), more than virgin zonal soils. This is explained with the intensive collection of agro-irrigation floats and their heavy composition. The soils which are irrigated with the transparent qanat and artesian waters have lighter composition along the profile. The noticeable difference of the upper three-meter layer of the irrigated virgin soils is shown for a granulometric composition (table 6). Sometimes if the granulometric composition is light loamy – 52.2%, in all cases a composition of the particles (a composition mode is < 0.01 mm 63.6%), then the irrigated soils are heavy loamy 51.2% - 188 (58.6%) regularly rise and a composition of the light loamy (17.9% from 188) compared to (13.5%-from 150). The 3-meter layer of the upper stratum formed by irrigation floats of irrigated soils (with turbid water) is light loamy-59.4%-257 by chance (composition of the particles < 0.01 mm-65.3%). A relative increase in loamy (4.7% in all cases) and light loamy (5.2%) is observed depending on irrigation relief in the irrigated soils.

Table 6- Distribution of physical clay (<0,01 mm) in the irrigated soils (layer 0-3 m)

Particles composition <0,01mm, %	Granulometric composition	Virgin		Irrigated		Anciently irrigated	
		quantity number	%	quantity number	%	quantity number	%
Dry-steppe zone							
0-5	Sand	-	-	-	-	-	-
6-10		-	-	-	-	-	-
11-15	Sandy	-	-	1	0,5	2	0,8
16-20		1	0,7	1	0,5	2	0,8
21-25	Light loamy	1	0,7	1	0,5	2	0,8
26-30		2	1,4	2	1,0	3	1,2
31-35	Average loamy	3	2,0	7	3,7	4	1,6
36-40		4	2,7	10	5,3	5	1,9
41-45		10	6,7	12	6,4	6	2,3
46-50	Heavy Loamy	11	7,3	15	8,0	13	5,1
51-55		14	9,3	28	14,9	24	9,3
56-60		24	16,0	53	28,3	31	12,1
61-65	Light Clayey	45	29,8	30	16,0	64	24,7
66-70		25	16,7	18	9,6	59	23,0
71-75		9	6,0	8	4,3	30	11,7
76-80	Average Clayey	1	0,7	2	1,0	9	3,5
81-85		-	-	-	-	3	1,2
>85	Heavy Clayey	-	-	-	-	-	-
Total		150	100	188	100	257	100
Mode			63,56		58,59		65,34
Semi-desert zone							
0-5	Sand	-	-	-	-	-	-
6-10		-	-	-	-	2	0,7
11-15	Sandy	-	-	-	-	4	1,4
16-20		-	-	-	-	5	1,7
21-25	Light loamy	1	1,1	1	0,4	5	1,7
26-30		2	2,2	1	0,4	5	1,7
31-35	Average loamy	3	3,3	8	3,0	6	2,1
36-40		5	5,4	12	4,6	16	5,5
41-45		10	10,9	16	6,1	22	7,6
46-50	Heavy loamy	14	15,2	25	9,5	24	8,3
51-55		17	18,5	41	15,6	25	8,7
56-60		21	15,2	51	19,4	38	13,2
61-65	Light clayey	13	14,1	47	17,9	37	12,8
66-70		4	4,3	37	14,0	31	10,7
71-75		2	2,2	10	3,8	24	8,3
76-80	Average Clayey	-	-	8	3,0	21	7,3
81-85		-	-	4	2,5	17	5,9
>85	Heavy Clayey	-	-	2	0,8	7	2,4
Total		92	100	263	100	289	100
Mode			57,67		59,57		60,64

The soils with light granulometric composition are superior in the upper and transverse part of the channels, but the soils with the heavy granulometric composition are superior in the middle and low parts of them.

This regularity is clearly seen in the bowl-shaped relief of the semi-desert zone.

In the granulometric composition changes between the light loamy (3.3 in all cases), and light clayey (20.6) mode (57.7%) in the virgin meadow-grey soils, then it becomes from irrigative loamy (3.1%) to heavy clayey (2.4%) (mode 60.6%).

Such legitimacy is characteristic for oasis soils. A quantity and aggregation rate of aggregates are calculated to create a general view about micro-aggregation and cultivation in the zone of soils of different cultivation degrees and composition of soil microaggregates [17, 24].

The calcareous and loessial loamy virgin soils are rich in water-resistant micro-aggregates as maternal rock. Their total amount was adapted to humus layer and it is 28-34% on average in the dry-steppe; 20-28% in the semi-desert zone. Sharp increase of the aggregate number is noticed in AB layer which left large traces in life activity of soil fauna. Micro-aggregation of irrigated soils depends on irrigation period, level of application of the agriculture and agrotechnics.

The number of aggregates is 20-22% and 24-25% in the rainfed condition and initial stage (newly irrigated soils) and this is 5-10% lower in the soils of the dry-steppe zone in comparison with virgin soils. (in the soils under grain). The number of aggregates in the irrigative condition of the soils under the gardens forms 32-37% in comparison with the zonal virgin soils under an influence of well-developed grass cover and it rises. But it reduces in the soils under the vineyards (40-50 years) (17-24%), and this is explained with its working at 30-40 cm depth every year. The number of aggregates is 29-31%-i.e. as it is in zonal virgin

soils. Majority of microaggregates in the irrigated soil layers of modern cultivation (30-38%) is explained with the useful impact of lucerne.

A quantity of the micro-aggregate number changes in a large limit depending on agricultural activity in the irrigated soils of the semi-desert zone, the microaggregates in the highly cultivated grey-and meadow-grey soils are 25-40% and 45-50%, the saline-like hardened weakly cultivated variants vibrates by 18-23 and 22-27%. From ancient times the highly cultivated irrigative soils which are formed with agro-irrigation floats and irrigated by the turbid river waters consist of 40-45% micro-aggregates.

The deep agro-irrigation layers (ancient floats) and buried soil strata are higher than micro-aggregated virgin and newly irrigated soils. This is possible to irrigate the initial soils for a long time and to apply modern agrotechnics.

The microaggregate composition of the rainfed, irrigated meadow soils is peculiar. They are characteristic for weakness. A sum of aggregates is 25-35% in non-irrigated humus layer. 50-60% increase of aggregates are observed in the ancient irrigation floats and buried layers.

The soil density changes at a large limit with some factors (granulometric and micro-aggregate, supply of organic substantive, adopted agrotechnics, irrigation period and so on). The profile of virgin soils is distinguished with the density.

An upper part of profile is considerably humified and it is characterized with the lower density in all cases; 1.19 g/cm^3 – changing coefficient is 6.88% (dry-steppe zone) and 1.30 g/cm^3 – changing coefficient is 3.78% (semi-desert). The density usually rises in calcareous layer and it is accordingly 1.414 ± 0.025 and $1.378 \pm 0.023 \text{ g/cm}^3$.

Density of soil-forming rocks depends on its granulometric composition.

Decrease is 1.22 – 1.34 g/cm^3 in the loessed loamy soils, but it sharply rises in

deluvial – aluvial high calcareous rocks – 1.60–1.62 g/cm³ in the semi-desert zones.

The information about the field soils is grouped depending on type and zone of the irrigation period and creates imagination about change of soil density in cultivation processes.

The density over all layers (irrigation with transparent water) in the irrigated soils is higher than zonal virgin soils (1.40 – 1.44 g/cm³) except the ploughed soils which exposed to intensive cultivation during tilling and it regularly rises towards depth. The cultivated layer that is formed from upper one – meter agro-irrigation sediments is distinguished with the density weakness as a result of the long cultivation in irrigated soils – 1.18 – 1.37 g/cm³. The second meter – layer differs by – 1.41g/cm with a slight increase of density (change coefficient – 9.25%, fixed great quantity – 32), this is explained with a higher saltiness.

The quality of irrigation water, turbidity, the composition of the dependent particles applied to the fields every year, they are not taken into account. According to many authors an intensity of mineralization process decreases in the initial stage. A supply of organic substances reduces in irrigation, especially in the ploughing layer.

This supply rises in the cultivated soil-forming process according to the defined rules. Formation of humus profile and collection of organic substances in the arid subtropic condition are directly determined through an effect of cultivated plants, application of organic and mineral fertilizers, a quantity of manure, organic substances, irrigated waters every year.

The virgin zonal soils of arid subtropics are rich in humus. Its quantity is adapted to A1 in layer A (0–25 cm). An average statistical quantity of humus in this layer is 2.5–2.8% in the dry-steppe, 1.6–2.0% in the semi-desert zones.

Minority of humus quantity in the low layers is characteristic for these soils.

An absolute amount of humus is less in the tillage layer of arid field soils which are irrigated with the waters of transparent ganat and artesian in comparison with the virgin soils (2.3–2.6% dry-steppe and 1.6 – 1.9% in the semi-desert zones).

The mobile organic combinations expose to fragmentation during the irrigation and organic substances decrease in the soils.

Distribution of humus is enough equal in the irrigated soils in comparison with the virgin soils. Humus gradually rises (newly irrigated--->irrigated--->ancient--->irrigated) in the process of collecting agro-irrigation reserves, formation of reserve organic matter in the soil. The biological activity which is created as a result of good temperature, water regime, prolonged irrigation is a reason for it. As a result, accumulation of high humus is characteristic for development of irrigated soils under perennial cultivation and agro-irrigation floats.

A similar phenomenon is observed in other types of soils in other regions of Azerbaijan. Taking into account the above, it can be said that the expansion of protected areas is not only discussed, but also implemented in practice, the attitude of soil scientists and all those involved in the use and study of land resources has become very relevant.

CONCLUSIONS

1. Considering that a soil genofund of Azerbaijan on presence of various types (mountain-meadow, mountain-meadow-steppe, mountain-forest yellow earth, mountain-forest brown, mountain-forest brown, meadow-steppe, grey-brown, grey earth and meadow-grey earth, etc.) with the morphological, physical and chemical and biological features as it is known are formulated.

2. It has been established that deluvial deposits are adapted to foothill zones. According to the granulometric composition, they are represented by gravel-clay-loamy, high-carbonate rocks. In

the granulometric composition, dust fractions predominate, the ratio of physical sand [>0.01 mm] to physical clay [<0.01 mm] is 0.6. Proluvial deposits are adapted to the lower part of the apron. According to the granulometric composition - medium and heavy loamy, carbonate, Alluvial deposits are developed in river valleys, on ancient alluvial fans of river floodplains, in dry gullies. Characterized by a higher sand fraction ($41.2 \pm 0.55\%$), the ratio of physical sand to physical clay is 1.9.

3. Statistical analysis of the main morphological indicators of the genetic layers of the soil profile showed the rate of profile change during soil cultivation. It was found that long-term and systematic irrigation is the cause of a sharp change in the agrophysical properties of zonal soils.

4. In the meter-thick layer of irrigated soils, the granulometric composition is slightly loamy, the content of the silt fraction is 28.3 ± 1.08 – $31.8 \pm 0.83\%$, physical clay – 63.0 ± 1.8 – 65 ± 1.1 . This is 4–6% (dry steppe zone) and – 3.5% (semi-desert zone), respectively, which is more than that of virgin zonal soils. Depending on the nature of the irrigation relief, a comparative increase in clayey (4.7% of all cases) and light clayey (5.2%) granulometric

composition is observed in irrigated soils. In the granulometric composition changes between the light loamy (3.3 in all cases), and light clayey (20.6) mode (57.7%) in the virgin meadow-grey soils, then it becomes from irrigated loamy (3.1%) to heavy clayey (2.4%) (mode 60.6%).

5. An upper part of profile is considerably humified and it is characterized with the lower density in all cases; 1.19 g/cm^3 – changing coefficient is 6.88% (dry-steppe zone) and 1.30 g/cm^3 – changing coefficient is 3.78% (semi-desert).

6. The virgin zonal soils of arid subtropics are rich in humus. Its quantity is adapted to A1 in layer A (0–25 cm). An average statistical quantity of humus in 0 – 25 cm layer is 2.5–2.8% in the dry-steppe, 1.6–2.0% - in the semi-desert zones. An absolute amount of humus is less in the tillage layer of arid field soils which are irrigated with the waters of transparent ganat and artesian in comparison with the virgin soils (2.3–2.6% dry-steppe and 1.6–1.9% - in the semi-desert zones). Humus gradually rises (newly irrigated--->irrigated--->ancient--->irrigated) in the process of collecting agro-irrigation reserves, formation of reserve organic matter in the soil.

The work was carried out in the laboratory of genesis, geography and soil cartography of the Institute of Soil and Agrochemistry of the Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan on the topic: "Genetic diagnostics and mapping of taxonomic units of Azerbaijani soils using innovative methods (a complex topic with Soil Geographic Information Systems and Soil Cover Structure Laboratories)".

REFERENCES

1. Dokuchaev V. V. K voprosu ob otkry'tii pri russkix universiteta kafedr pochvovedeniya i ucheniya o mikroorganizmax (v chastnosti, bakteriologii). – M: Razdum'ya o zemle, 1985. – 75 s.
2. Fridland N.M., Karmchuk M. N. Ukazaniya po klassifikatsiy i diagnostike pochv. Pochvy vlaznykh i polusukhikh subtropicheskikh oblastey SSSR. - M: Kolos, 1967. – 63 s.
3. Volobuyev V. R. Ekologiya pochv. -Baku: AN Azerb. SSR, 1963. - 260 s.
4. Kovda V. A. Osnovy` ucheniya o pochvax. - M.: Nauka, 1973. -1 kn. - 447. s., 2 kn. - 468 s.
5. Aparin B.F., Kasatkina G.A., Matinian N. N., Sukhacheva E. U. Red data soil book of the Leningrad region. - Sankt-Peterburg: Airplane, 2007. - 320 p.

6. Salaev M.E. Diagnostika i klassifikatsiya pochv Azerbajdzhana. - Baku: Elm, 1991. - 239 s.
7. Babayev M.P., Mirza-zade. The Soil museum, as the methodological Centre on studying and protection of a soil genofund of Azerbaijan// Proceedings of the International Scientific Conference. - Rostov - on Don, 2006. - P. 32-34.
8. Babayev M.P., Nadjafova S.I., Mirzezade R.I., Ramazanova F.M. Agrosoil zoning of the land fund of Karabakh of the Republic of Azerbaijan// Soils and Agrochemical, 2024. - № 1. - P. 5-18.
9. Aliev G.A. Bury'e lesny'e pochvy. - Baku: Elm, 1965. - 110 s.
10. Mamedov G., Halilov M. Ecology and environment. - Baku: Elm, 2004. - 504 p.
11. Ramazanova F.M., Mammadova A.S. Morphological state of soils in the dry subtropical zone of Azerbaijan// Proceedings of the International Scientific Conference. - Adana, Türkiye: Proceedings book, 2024. - P. 1215-1225 (1277).
12. Gurbanov E.A., Ramazanova F.M., Huseynova S.M., Gurbanova Z.R. Izmenenie protivoe'rozionnoj stojkosti oroshaemy'x sero-korichnevy'x pochv suxoj subtropicheskoy zony Azerbajdzhana v zavisimosti ot davnosti ix orosheniya// Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya. - 2021. - № 56. - P. 33-59.
13. Mirza-zade R.I. The Role of a soil museum in development of educational process in soil science and ecology// Proceedings V congress of the All-Russia society of soil scientists of V.V.Dokuchayev. - Rostov-on-Don, 2008. - P. 12.
14. Polevoy opredelitel' pochv Rossii. M.: Pochvennyy institut im V.V. Dokuchaeva, 2008. - 182 s.
15. FAO. Guidelines for soil description. - Rome: 4th edition, 2006. - 97 p.
16. Arinushkina E.V. Rukovodstvo po chimicheskemu analizu pochv. - M: MGU, 1970. - 476 s.
17. Dosphehov V.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). M.: Agropromizdat, 1985. - 351 p.
18. Ramazanova F. M. Mineralogical composition of gray-brown (dry-steppe zone) and meadow-gray soil (semi-desert zone) soils of Azerbaijan// 10th International New York Conference on Evolving Trends in Interdisciplinary Research. - Manhattan, NYC. IKSAD Publications, 2024. -P. 334-342.
19. Babayev M.P., Gurbanov E., Mirzazade R., Ramazanova F., Huseynova S. Developed characters of degradation of the irrigative soils in arid and subtropics zone of Azerbaijan// International Soil Congress. - Samsun, Turkey. - 2010. - P.387-395.
20. Babayev M.P., Ramazanova F.M., Mirzazade R.I. Influence of intermediate crops on the microaggregate composition of soils of the dry steppe and semi-desert zones of Azerbaijan// News of Higher Educational Institutions. North Caucasus region. Natural sciences. 45 years. - Rostov - on- Don: Publishing house of KIBI MEDIA CENTER SFU, 2018. - № 2. - P. 45-58.
21. Shikhlinskii E.M. Klimat Azerbaidzhana. Baku.: Elm, 1969. - 250 s.
22. Eyubov A.D. Agroklimaticheskoe raionirovanie Azerb SSR. Baku.:AN Azerb.SSR, 1968. - 209 s.
23. Klimat-Azerbaidzhana [Elektronnyy resurs]. Access mode: Pogoda33.net, svobodny.
24. Ramazanova F. M. Diagnostics of irrigated soils of the dry subtropical zone of Azerbaijan// International Conference "Scientific research of the SCO countries: synergy and integration" Part 3, 2023 October 14, 2023. Beijing, PRC. Beijing, China: Scientific publishing house Infinity, 2023. - P. 161-165.

ТҮЙІН

М.П. Бабаев¹, Ф.М. Рамазанова^{1*}, Р.И. Мирза-заде¹
ӨЗЕРБАЙЖАННЫҢ ТОПЫРАҚ ГЕНОФОНДЫН ҚОРҒАУ МӘСЕЛЕСІ

¹Әзірбайжан Республикасы Ғылым және білім министрлігі, Топырақтану және агрохимия институты, 1073, Баку, М. Рагима көш. 5, Әзербайжан,

**e-mail: firoza.ramazanova@rambler.ru*

Әзербайжанның топырақ генофонды өзінің жеке морфологиялық, физикалық-химиялық және биологиялық қасиеттері бар әртүрлі типтерден (таулы-шалғынды, таулы-шалғынды-далалық, таулы-орманды сары топырақтар, таулы-орманды қоңыр, шалғынды-далалық, сұрғылт-қоңыр, сұр топырақтар және шалғынды-сұр және т.б.) тұрады. Делювиалды шөгінділердің тау бөктеріндегі аймақтарға бейімделгені анықталды. Гранулометриялық құрамы бойынша олар малтатасты-сазды-саздақты, құрамында карбонаты мөлшері жоғары. Гранулометриялық құрамда тозаңды фракциялар басым, физикалық құмның $[>0,01 \text{ мм}]$ физикалық сазға $[<0,01 \text{ мм}]$ қатынасы 0,6-ны құрайды. Пролювиалды шөгінділер жамылғысы төменгі бөлігіне бейімделген. Гранулометриялық құрамы бойынша олар орташа және ауыр саздақты, карбонатты. Аллювиалды шөгінділер өзен аңғарларында, өзен жайылмаларының ескі сағаларында дамыған. Олар жоғары мөлшерде фракциямен $(41,2 \pm 0,55\%)$ сипатталады, физикалық құмның физикалық сазға қатынасы 1,9-ды құрайды. Топырақ профилінің генетикалық қабаттарының негізгі морфологиялық көрсеткіштеріне жүргізілген статистикалық талдау топырақты өңдеу процесіндегі профильдің өзгеру жылдамдығын көрсетті. Ұзақ және жүйелі суару зоналық топырақтардың агрофизикалық қасиеттерінің күрт өзгеруіне себеп болады. Суармалы топырақтардың метрлік қабатындағы гранулометриялық құрамы – әлсіз саздақты, лайлы фракцияның құрамы $28,3 \pm 1,08$ – $31,8 \pm 0,83\%$ -ды, физикалық саздың құрамы $63,0 \pm 1,8$ – $65 \pm 1,1\%$ -ды құрайды. Бұл тың аймақтық топырақтарға қарағанда тиісінше 4–6% (құрғақ далалық аймақ) және –3,5% (шөлейтті аймақ) жоғары. Суару рельефінің сипатына байланысты суармалы топырақтарда сазды (барлық жағдайда 4,7%) және жеңіл сазды (5,2%) гранулометриялық құрамның ұлғаюы байқалады. Тың шалғынды-сұр топырақтарда гранулометриялық құрамы жеңіл саздақтыдан (барлық жағдайда 3,3) жеңіл саздыға (20,6) (57,7%), содан кейін суару арқылы саздақтыдан (3,1%) ауыр саздыға (2,4%) (60,6%) дейін өзгереді. Тың топырақтар профилінің жоғарғы бөлігі айтарлықтай гумустанған және барлық жағдайда тығыздығы төмен: $1,19 \text{ г/см}^3$ – өзгеріс коэффициенті 6,88% (құрғақ далалық аймақ) және $1,30 \text{ г/см}^3$ – өзгеріс коэффициенті 3,78% (шөлейтті аймақ). Аридті субтропиктік тың зоналық топырақтар гумусқа бай. 0-25 см қабатындағы гумустың орташа статистикалық мөлшері құрғақ далалық аймақта 2,5–2,8%, шөлейтті аймақта 1,6–2,0% құрайды. Артезиандық сулармен суарылатын аридті суармалы топырақтардың жыртылған қабатындағы гумустың абсолюттік мөлшері тың топырақтармен салыстырғанда аз (құрғақ далалық аймақта 2,3–2,6% және шөлейтті аймақта 1,6–1,9%).

Түйінді сөздер: топырақ генофонды, топырақ типтері, гранулометриялық құрам, қарашірінді, генетикалық қабаттары,

РЕЗЮМЕ

М.П. Бабаев¹, Ф.М. Рамазанова^{1*}, Р.И. Мирза-заде¹
ПО ВОПРОСУ ОБ ОХРАНЕ ГЕНОФОНДА ПОЧВ АЗЕРБАЙДЖАНА

¹Министерство Науки и Образования Республики Азербайджан, Институт Почвоведения и Агрохимии, 1073, Баку, ул. М. Рагима 5, Азербайджан,

**e-mail: firoza.ramazanova@rambler.ru*

Генофонд почв Азербайджана состоит из различных типов (горно-луговые, горно-лугово-степные, горнолесные желтоземы, горнолесные бурые, лугово-

степные, серо-бурые, сероземы и лугово-сероземы и т.д.) со своими индивидуальными морфологическими, физико-химическими и биологическими свойствами. Установлено, что делювиальные отложения адаптированы к предгорным зонам. По гранулометрическому составу - гравийно-глинисто-суглинистые, высококарбонатные. В гранулометрическом составе преобладают пылеватые фракции, соотношение физического песка [$>0,01$ мм] к физической глине [$<0,01$ мм] - 0,6. Проллювиальные отложения адаптированы к нижней части шлейфа. По гранулометрическому составу - средне- и тяжелосуглинистые, карбонатные. Аллювиальные отложения развиты в долинах рек, на древних конусах выноса речных пойм. Характеризуются более высоким содержанием песчаной фракции ($41,2 \pm 0,55\%$), соотношение физического песка к физической глине -1,9. Статистический анализ основных морфологических показателей генетических слоев профиля почв показал скорость изменения профиля в процессе обработки почвы. Длительное и систематическое орошение является причиной резкого изменения агрофизических свойств зональных почв. В метровом слое орошаемых почв гранулометрический состав - слабосуглинистый, содержание илистой фракции составляет $28,3 \pm 1,08$ – $31,8 \pm 0,83\%$, физической глины – $63,0 \pm 1,8$ – $65 \pm 1,1$. Это соответствует 4–6% (сухостепная зона) и – 3,5% (полупустынная зона), что выше, чем в целинных зональных почвах. В зависимости от характера ирригационного рельефа в орошаемых почвах наблюдается увеличение глинистого (4,7% всех случаев) и легкого глинистого (5,2%) гранулометрического состава. В целинных лугово-серых почвах гранулометрический состав меняется от легкосуглинистого (3,3 во всех случаях) до легкого глинистого (20,6) (57,7%), затем от ирригационного - суглинистого (3,1%) до тяжелого глинистого (2,4%) (60,6%). Верхняя часть профиля целинных почв значительно гумифицирована и плотность во всех случаях низкая: $1,19$ г/см³ – коэффициент изменения 6,88% (сухостепная зона) и $1,30$ г/см³ – коэффициент изменения 3,78% (полупустынная зона). Целинные зональные почвы аридных субтропиков богаты гумусом. Среднестатистическое количество гумуса в слое 0-25 см составляет 2,5–2,8% в сухостепной зоне, 1,6–2,0% - в полупустынной зоне. Абсолютное содержание гумуса в пахотном слое аридных орошаемых почв, орошаемых прозрачными артезианскими водами, меньше по сравнению с целинными почвами (2,3–2,6% в сухостепной зоне и 1,6–1,9% в полупустынной зоне).

Ключевые слова: генофонд почв, типы почв, гранулометрический состав, гумус, генетические слои.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

1. Babayev Maharram Pirverdi - chairman of the laboratory of genesis, geography and cartography of soils, doctor of agricultural sciences, Academician of the National Academy of Sciences of Azerbaijan, professor, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-7317-9143>, e-mail: maharram-babayev@rambler.ru

2. Ramazanova Firoza Mukhurovna - leading researcher of laboratory of soil genesis, geography and mapping, candidate of agricultural sciences (PhD), Associate Professor of Soil Science, Plant Growing, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0556-4799>, e-mail: firoza.ramazanova@rambler.ru

3. Mirzazade Rena Islam - leading researcher of laboratory of soil genesis, geography and mapping, candidate of agricultural sciences (PhD), Associate Professor of Soil Science, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-4985-5060>, e-mail: narmin.i.aslanova@gmail.com

ГРНТИ 68.05.33; 39.19.31; 68.29.07

DOI: 10.51886/1999-740X_2025_3_19

Г.А. Звягин¹, Р.Х. Рамазанова^{1*}, А.В. Бецыв¹, А.И. Иорганский¹

**ВЛИЯНИЕ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ
В КОСТАНАЙСКОЙ ОБЛАСТИ**

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

**e-mail: raushasoil88@mail.ru*

Аннотация. Развитие органического земледелия в Казахстане сопряжено с рядом трудностей, главным образом из-за недостаточной научной базы, ориентированной на повышение урожайности сельскохозяйственных культур с учётом разнообразия природных условий и агроландшафтов. В этих условиях особую актуальность приобретают исследования, направленные на выявление факторов, определяющих устойчивость агроэкосистем и эффективность землепользования. В данной статье приведены результаты исследований, проведённых на территории крестьянского хозяйства «Бексеитов Айдарбек Жумагазиевич» Фёдоровского района Костанайской области. Целью работы являлась оценка влияния геоморфологических условий на структуру сельскохозяйственных угодий и разработка адаптивно-ландшафтных систем в органическом земледелии. На основе цифрового картографирования форм и элементов рельефа, крутизны и экспозиций склонов был предложен алгоритм проведения ГИС-оценки земель, позволяющий комплексно охарактеризовать агроландшафты. Проведённая агроэкологическая группировка земель выявила ведущие геоморфологические факторы, определяющие направление сельскохозяйственного использования. Разработаны практические рекомендации по возделыванию культур с учётом особенностей рельефа и почвенного покрова. Полученные результаты формируют научную основу для устойчивого и экологически сбалансированного землепользования, повышают эффективность органического земледелия в условиях Северного Казахстана, а также позволяют снизить антропогенно-техногенную нагрузку на почвы и обеспечить рост потенциальной продуктивности сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: органическое земледелие, агроландшафт, рельеф, экспозиция склонов, геоморфологические условия.

ВВЕДЕНИЕ

Перспективы развития органического земледелия в Казахстане определяются глобальным трендом на устойчивое производство продовольствия и напрямую связаны со здоровьем населения. Игнорирование этого стратегического направления может повлечь риски для национального развития, тогда как своевременная адаптация открывает конкурентные преимущества. Для формирования продовольственной безопасности недостаточно простого насыщения рынка продуктами; необходимо соблюдать принципы эко-

логической устойчивости на всех этапах цепочки «от поля до стола» [1-3]. В этой связи практическая значимость развития органического земледелия в аграрном секторе существенно возрастает.

Анализ экологической ситуации в ряде стран показывает высокие темпы деградации почв и ландшафтов – водной и ветровой эрозии, засоления, опустынивания, обезлесения, дегумификации и истощения запасов питательных элементов – особенно в регионах с аридным климатом, интенсивным землепользованием и недостаточным природоохранным контролем [4-8].

В Казахстане наблюдается усиление деградации почв, обусловленное сочетанием экономических, климатических и управленческих факторов. Низкая рентабельность сельского хозяйства ограничивает инвестиции в технологическое обновление и устойчивые практики, а аридизация климата, дефицит водных ресурсов, перевыпас пастбищ и неэффективные схемы орошения и дренажа ускоряют эрозию, засоление и дегумификацию. Это замедляет переход к экологически ответственному продовольственному снабжению.

Агропроизводителям сегодня необходимы научно обоснованные решения для внедрения органического земледелия, в том числе по эффективному использованию земельных ресурсов. Одним из перспективных подходов является проектирование адаптивно-ландшафтных систем (АЛС), которые при наличии всех научно обоснованных звеньев и элементов обеспечивают дифференцированное и рациональное использование почв, снижение антропогенной нагрузки и достижение потенциально возможных урожаев сельскохозяйственных культур [9]. Среди природных факторов ключевую роль играют геоморфологические условия, во многом перераспределяющие влияние климата, литологии, растительности и почвенного покрова [10, 11]. Поэтому при формировании экологически устойчивых агроландшафтов в системе органического земледелия первоочередное внимание следует уделять именно геоморфологическим особенностям территории; их учет способствует повышению производительности земель и валового сбора органической продукции.

Цель исследования - оценить влияние геоморфологических условий на структуру сельскохозяйственных угодий при проектировании АЛС для органического земледелия и разработать основные направления рациональ-

ного и эффективного использования земельных ресурсов.

В работе впервые для выбранной части чернозёмной зоны Костанайской области совмещены: автоматическая геоморфометрическая стратификация, мультитременные индексы ДЗЗ для построения индекса пригодности именно под органическое земледелие.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследования – пахотные угодья агроландшафтов в черноземной зоне Костанайской области Республики Казахстан.

Исследования проводились на территории крестьянского хозяйства «Бексеитов Айдарбек Жумагазиевич» в границах Первомайского сельского округа Федоровского района Костанайской области. Были выбраны 7 полей на площади 1740,0 га с наиболее разнообразным рельефом.

Методология направлена на оценку пригодности пахотных почв к органическому земледелию с учётом геоморфологических условий и на проектирование адаптивно-ландшафтных систем (АЛС) в цифровой ГИС-среде. В основу положен подход В. И. Кирюшина [12-15], дополненный современной геоморфометрией, данными дистанционного зондирования и цифровым картированием почв в программной среде MapInfo и ArcGIS на основе ГИС-технологий и архивов спутниковой информации из базы спутниковых данных Landsat и Sentinel [16].

В качестве цифровой модели рельефа использована ЦМР с пространственным разрешением 30 м (с последующим уточнением до 10 м на ключевых участках). Выполнены заполнение депрессий и сглаживание. На основе ЦМР вычислены геоморфометрические предикторы: уклон, экспозиция, профильная и плановая кривизна, индекс топографического положения (TRI),

многоразрешённая плоскостность долин (MRVBF), индекс влажности (TWI) и фактор LS (RUSLE). Автоматическая классификация форм рельефа выполнена алгоритмом geomorphons с последующей экспертной корректировкой.

Использованы мультивременные снимки Sentinel-2 и Landsat. Построены сезонные композиты и спектральные индексы NDVI, SAVI/MSAVI2, NDMI, NBR2, BSI, включая «bare-soil» композит для оценки свойств почвы на оголённой поверхности. Данные нормированы и сопоставлены с полевыми наблюдениями.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Показатели геоморфологических условий на территории землепользования крестьянского хозяйства «Бексеитов Айдарбек Жумагазиевич» Федоровского района Костанайской области представлены электронными картами, которые отражают агроэкологические факторы, учитываемые при проектировании адаптивно-ландшафтных систем земледелия: рельеф, элементы рельефа, крутизна и экспозиция склонов.

Карта форм рельефа отражает структуру ландшафтов на территории расположения исследований (рисунок 1).

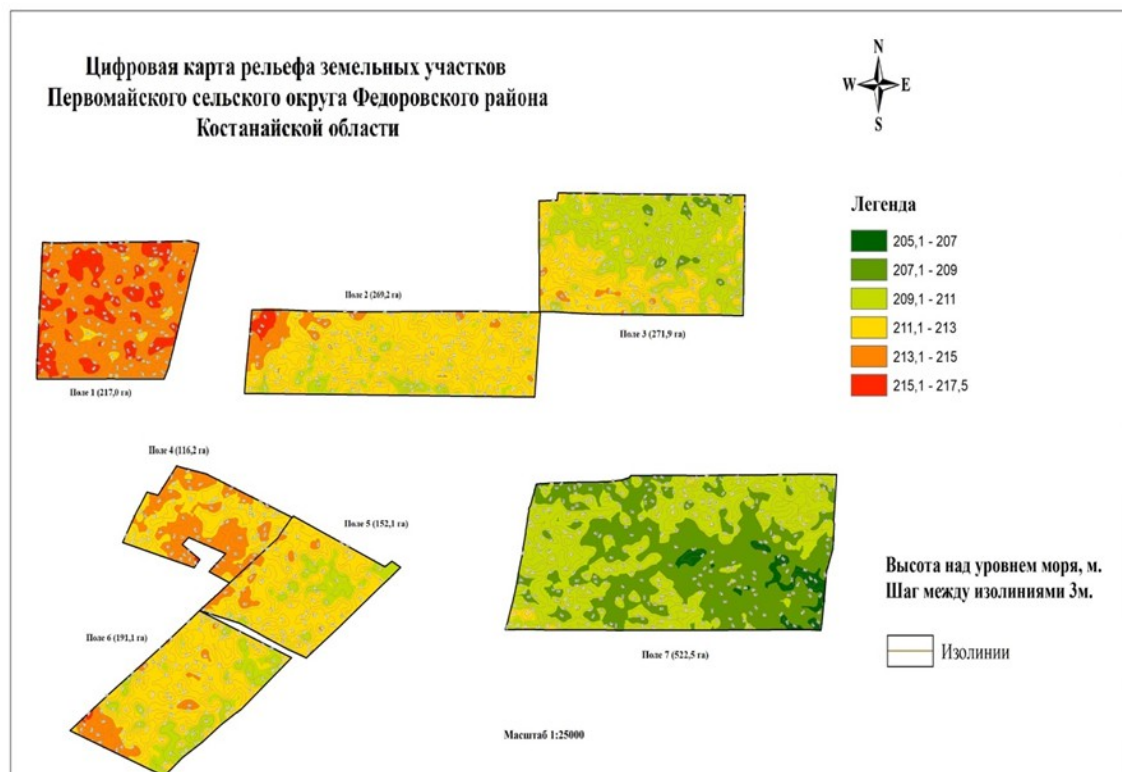


Рисунок 1 - Карта форм рельефа

В геоморфологическом отношении территория исследования представляет собой слабоволнистую равнину с западным и ложбинным рельефом. Высота над уровнем моря по Балтийской системе нормальных высот [17] на территории обследования варьирует в

пределах 205,2-217,5 м. Наибольшая высота наблюдается на северо-западных участках, которая постепенно снижается к юго-востоку.

Почвенно-ландшафтные элементы и связи отражены на карте элементов рельефа. Она визуализирует

почвенно-ландшафтные позиции на исследуемых полях (водоразделы, вершины, верхние/средние/нижние склоны, подошвы, днища) и служит для интерпретации свойств почв, зон влагонакопления и рисков эрозии (рисунок 2). Исследуемые поля рассредоточены в центральной и восточной части Первомайского сельского округа, в составе которых больше половины занимают равнина и ровные участки водораздельной поверхности. В пашне встречаются склоны 1-1,9°, доля их составляет около 8% от площади обследования, а доля склонов 2-2,3° градусов в хозяйстве незначительная и составляет 5,1 га. Так же на территории обследования встречаются замкнутые формы рельефа в виде блюдцеобразных понижений. Сеть ложбин и ложбинооб-

разных понижений на исследуемых полях составляет около 10% от общей площади территории исследований.

Карта крутизны склонов используется для оценки потенциального стока и эрозионной опасности. Крутизна склона определяет подбор культур, выбор севооборотов, систем обработки почвы, противоэрозионных мероприятий.

Поля на территории исследования расположены преимущественно на склоновых землях незначительной крутизны (поля № 1-3, 7) и преимущественно на водораздельной поверхности (поля № 4-6). Доля склонов с крутизной 1-2° и 3-5° градусов в составе пахотных угодий хозяйства незначительная (рисунок 3).

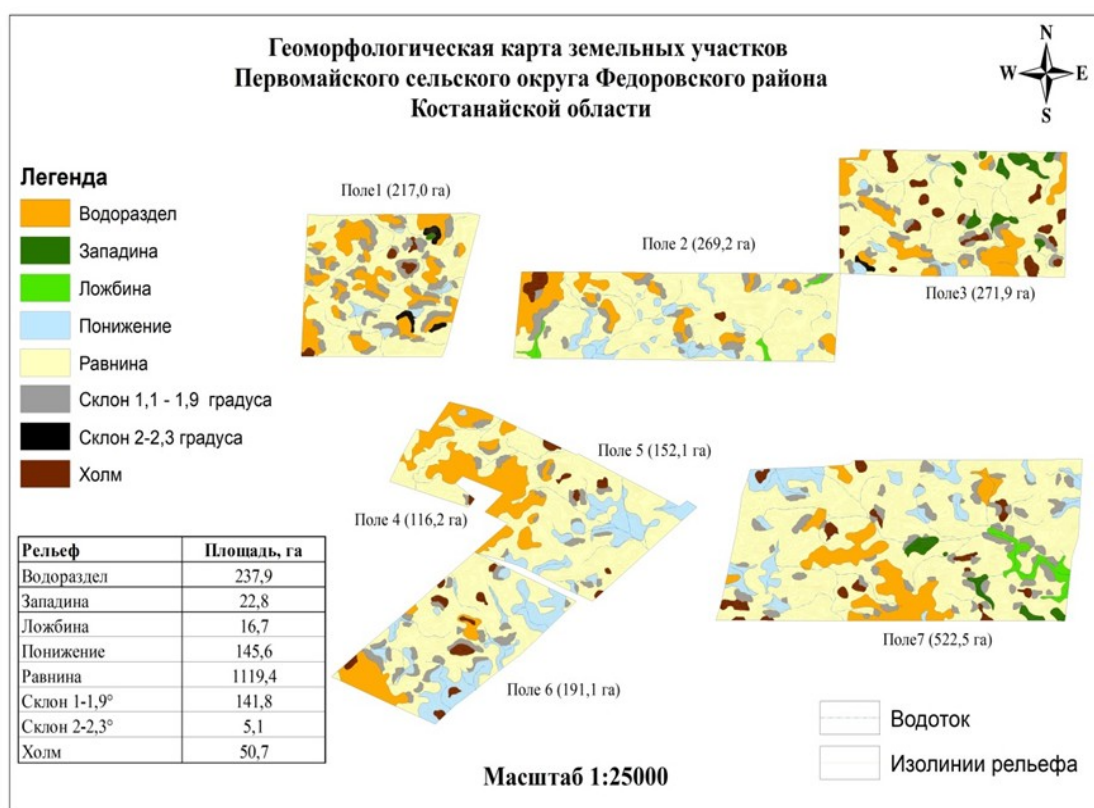


Рисунок 2 - Карта элементов рельефа

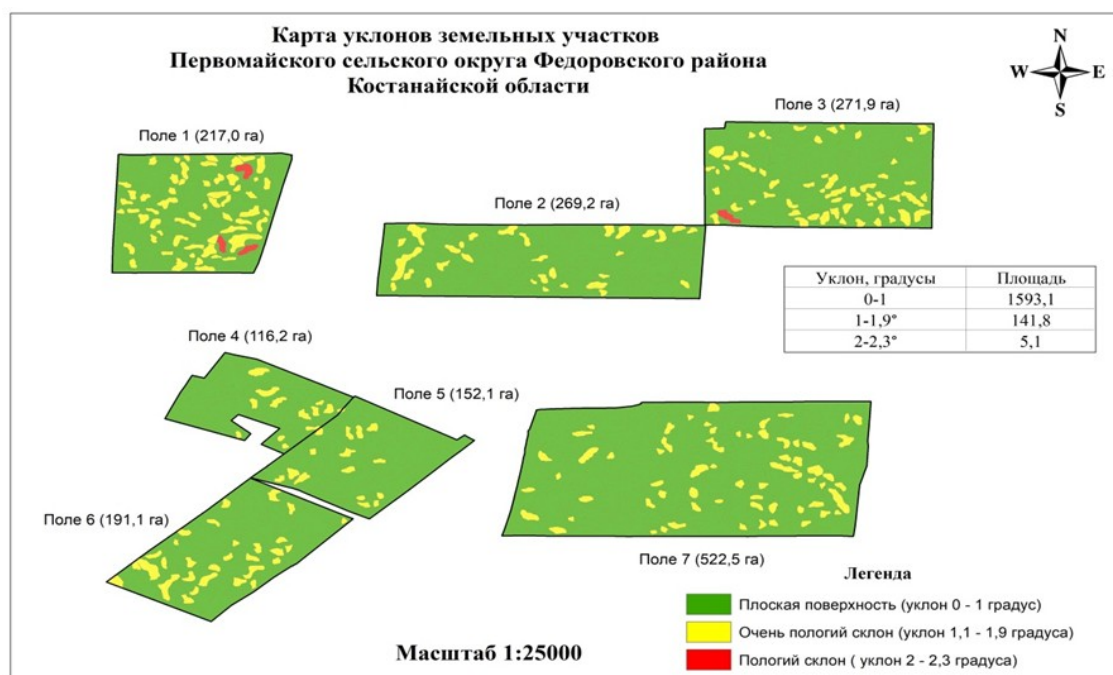


Рисунок 3 - Карта крутизны склонов

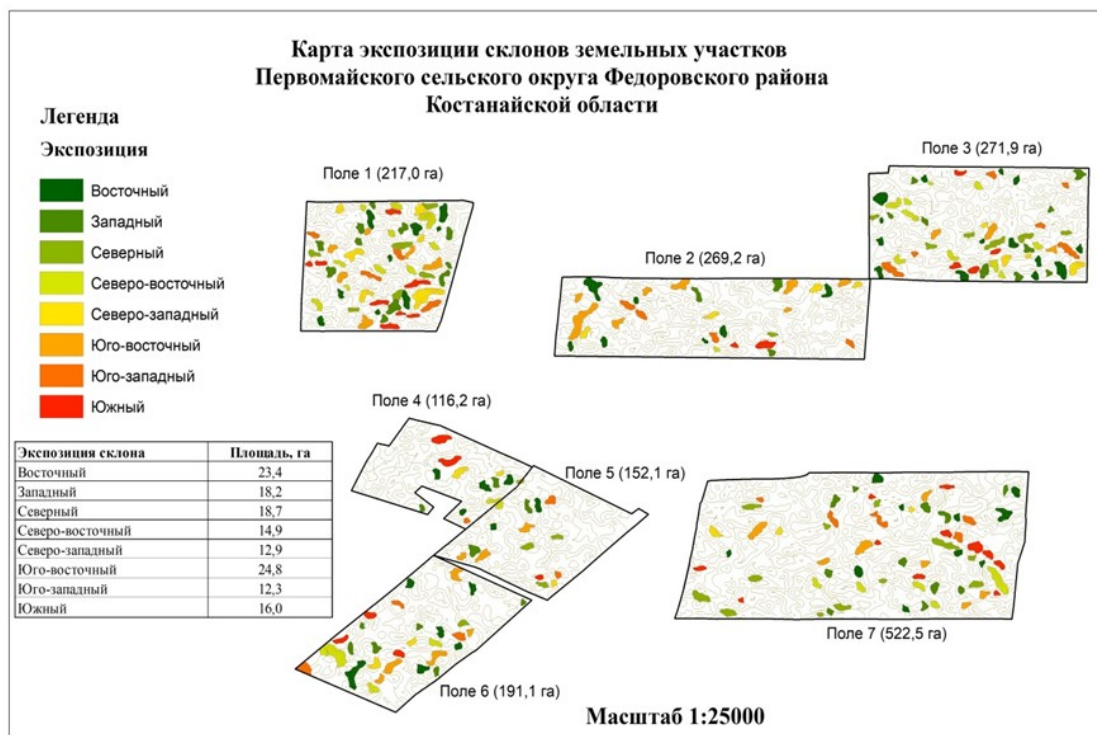


Рисунок 4 – Карта экспозиций склонов

Карта экспозиций склонов используется для оценки их теплообеспеченности и влагообеспеченности с целью дифференцированного размещения сельскохозяйственных культур и сортов по засухоустойчивости и длительности вегетационного периода, а также для корректировки агротехнологий (сроков сева, норм высева, норм удобрений, сроков уборки урожая и т. д.). Удельный приход суммарной радиации и продуктивные влагозапасы сильно варьируются на склонах различной экспозиции и крутизны (рисунок 4).

На исследуемой территории землепользования распространены склоны как теплых, так и холодных экспозиций примерно в равном количестве, но поле 1 находится в более южной части экспозиции рельефа, в связи с чем на этом участке следует предусмотреть выращивание более засухоустойчивых видов и районированных сортов/гибридов сельскохозяйственных культур.

На основе проведенной агрооценки форм и элементов рельефа на территории крестьянского хозяйства «Бексеитов Айдарбек Жумагазиевич» Федоровского района Костанайской области можно предварительно разрабатывать рекомендации по возделыванию сельскохозяйственных культур в органическом земледелии в зависимости от их требований к пищевому, тепловому и водному режиму почв.

Так, на поле №1 преобладают в основном водораздельные пологие и равнинные участки с небольшими холмами и высотой над уровнем моря в пределах 212-217 м. Они характеризуются более сухим микроклиматом, ввиду размещения на южных экспозициях и больше подходят для засухоустойчивых видов и сортов/гибридов сельскохозяйственных культур.

Территория поля №2 представлена в основном равнинными участками с небольшими замкнутыми понижениями, где высота над уровнем моря

колеблется в пределах 209-215 м. Это поле отличается более ровной поверхностью, здесь можно выращивать все районированные виды и сорта сельскохозяйственных культур для неположивных условий,

Территория поля № 3 находится в более низких формах рельефа с высотой над уровнем моря 205–212 м. Здесь основные элементы рельефа приходятся на равнинные участки с комплексами небольших по площади пониженных элементов рельефа – холмов и западин, которые способствуют накоплению влаги в почве. Эту территорию рекомендуется использовать для более влаголюбивых видов и сортов/гибридов сельскохозяйственных культур - овса, гороха, вики, ячменя, кукурузы на силос, а также кормовых многолетних трав (люцерны гибридной, клевера лугового, кострца безостого, эспарцета). Перспективно также выращивание однолетних травосмесей на основе суданской травы, сорго и кормовых бобов.

Формы и элементы рельефа полей №4, 5 представлены водораздельными и равнинными участками с небольшими понижениями в восточной части этой территории, высота над уровнем моря колеблется в пределах 211-214 м. Литологические особенности материнской породы оказали влияние на формирование солонцов черноземных, которые лучше использовать как кормовые угодья под выращивание однолетних и многолетних трав.

На поле №6 рельеф представлен равнинным участком в комплексе с водоразделами и понижениями, на которых в основном сформировались засоленные и солонцовые земли. Высота над уровнем моря на этом участке варьирует в пределах 210-215 м. На данных землях рекомендуется возделывать сельскохозяйственные культуры, устойчивые к засоленным и солонцеватым почвам, такие как ячмень, овёс, сорго и другие толерантные виды.

Почвы поля №7 обладают наилучшими питательными и влагонакопительными характеристиками. Здесь элементы рельефа представлены в основном равнинными участками в комплексе с западинами, ложбинами и понижениями до 30%. Почвенно-гидрологические условия поля позволяют выращивать влаголюбивые сельскохозяйственные культуры, способные обеспечить высокий выход валовой продукции: овёс, ячмень, горох, вика, кукуруза на силос. Среди кормовых многолетних трав наибольшую продуктивность обеспечивают люцерна гибридная, клевер луговой, кострец безостый, эспарцет.

На полях № 1, 2, 6 и 7 существует высокий риск проявления водной эрозии в связи с высокой долей площадей, находящихся под пологими склонами. Поэтому при отведении полей под возделывание сельскохозяйственных культур при организации АЛС органического земледелия на такого рода полях также необходимо предусматривать противоэрозионные агротехнические мероприятия.

В зависимости от экспозиции склонов в хозяйстве - южная, юго-восточная и юго-западная, на угодьях, расположенных здесь, необходимо предусмотреть выращивание менее требовательных к пищевому режиму почв и более засухоустойчивых видов и сортов/гибридов сельскохозяйственных культур. Это связано с тем, что участки характеризуются низкой степенью влажности, меньшим содержанием органического углерода, а также повышенной минерализацией гумуса из-за более высокой теплопоглощательной способности почв. При мелкоконтурности склонов южной экспозиции рекомендуется на этих участках снижать норму высева семян на 20-30%.

На основании оценки геоморфологических условий территории обследо-

вания и в соответствии с характером природных ограничений пригодности земель для возделывания конкретных культур или их групп, а также мероприятий по их преодолению или адаптации, исследуемые земли предварительно ранжируются по трем категориям:

I категория - земли, пригодные для возделывания всех сельскохозяйственных культур без особых ограничений, за исключением управляемых факторов, которые оптимизируются с помощью удобрений и агротехнических мероприятий, допустимых к применению в органическом земледелии (поля №1-3, 7);

II категория - земли, пригодные для возделывания всех сельскохозяйственных культур с ограничениями, которые могут быть преодолены простыми агротехническими, мелиоративными и противоэрозионными мероприятиями (поле №6), использование в органическом земледелии допускается с ограничениями;

III категория - земли, пригодные для возделывания сельскохозяйственных культур с ограничениями, которые могут быть преодолены среднетратными мелиоративными обработками, химическими, комплексными мелиорациями (поля №4 и 5).

Агроэкологическая оценка геоморфологических условий земель сельскохозяйственного назначения в органическом земледелии позволяет сформировать оптимальную структуру пашни и разработать предложения по рациональному использованию и охране земель в рамках адаптивно-ландшафтных систем. При организации производства органической продукции необходимо стремиться к эколого-хозяйственному балансу, за счет рационального и эффективного использования геоморфологических условий в агроландшафтах, которые повышают их

экологическую устойчивость, биологическую продуктивность и качество растениеводческой продукции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведённых исследований в Фёдоровском районе Костанайской области (на примере крестьянского хозяйства «Бексеитов Айдарбек Жумагазиевич») были составлены цифровые карты форм и элементов рельефа, картограммы крутизны и экспозиций склонов, что позволило комплексно охарактеризовать агроландшафты территории.

С использованием полученных данных проведено ГИС-картографирование для агроэкологической оценки

земель в системе органического земледелия. Полученные карты содержат информацию о геоморфологических особенностях и агроэкологически значимых характеристиках территории, что обеспечивает объективную основу для принятия управленческих решений.

Разработана агроэкологическая группировка земель, основанная на ведущих геоморфологических факторах, определяющих направление их сельскохозяйственного использования, а также алгоритм проведения ГИС-оценки земель, включающий электронные карты рельефа, крутизны, экспозиции и форм склонов.

Данная работа выполнена в рамках ПЦФ BR22885418 «Научное обеспечение технологического развития органического производства сельскохозяйственной продукции в Республике Казахстан» финансируемый Министерством сельского хозяйства РК на 2024-2026 гг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пашканг Н.Н., Савин О.И., Галкина Е.А., Апевалова З. В. Органическое сельское хозяйство - одно из перспективных направлений развития агроэкономической науки и образования// История, состояние и перспективы развития агроэкономической науки и образования: материалы междунар. науч.-практ. конф. - Воронеж, 2016. - С. 114-120.
2. Meemken, Eva-Marie, Qaim, Martin. Organic Agriculture, Food Security, and the Environment// Annual Review of Resource Economics. - 2018. - V. 10. - P. 39-63.
3. Hroma, I. Interconnection of organic agriculture, health, and sustainability: Bibliometric analysis// Health Economics and Management Review. - 2024. - V5 (4). - P.47-74.
4. Рубанов И.Н. Соха уже не зовет// Эксперт. - 2011. - № 16 (750). - С. 52-58.
5. Москалева С.А., Кирюшин А.В., Масляев В.Н., Хомякова Я.Р. Мониторинг земель сельскохозяйственного назначения в муниципальном образовании// Землеустройство, кадастр недвижимости и мониторинг земельных ресурсов: материалы Всерос. науч.-практ. конф. - Улан-Удэ, 2019. - С. 146-149.
6. Седов П. С., Масляев В. Н. Моделирование процессов миграции загрязняющих веществ в ландшафтно-геохимических системах Мордовии// Природно-производственные системы регионов компактного проживания финно-угорских народов: материалы межвуз. сб. науч. трудов. - Саранск, 2012. - Т. 2. - С. 234-246.
7. Barabanov, A.T. Principles of adaptive-landscape generation and development of soil protection agricultural systems// Geogr. Nat. Resour. - 2016. - V. 37. - P. 106-113.
8. A. Pereponova, G. Lischeid, K. Grahmann, S. Dorothea Bellingrath-Kimura, F.A. Ewert. Use of the term "landscape" in sustainable agriculture research// A literature review, Heliyon. - 2023. - V. 9 (11).
9. V. I. Kiryushin. Prospects for the development of adaptive landscape farming

systems in Russia// IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – Voronezh, 2022. - P. 1-6.

10. Li, S., Xiong, L., Li, Y. et al. A multilevel dataset of landform mapping and geomorphologic descriptors for the Loess Plateau of China// Sci Data. -2024. - V. 11 (1282). - P. 1-14.

11. Virginia H. Dale, Keith L. Kline, Stephen R. Kaffka, J. W. A. (Hans) Langeveld. A landscape perspective on sustainability of agricultural system// Landscape Ecology. - 2013. – V.28. - P. 1111-1123.

12. Кирюшин В.И. Теория адаптивно-ландшафтного земледелия и проектирование агроландшафтов. – М.: Колос, 2011. – 443 с.

13. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. – М.: Колос, 1996. - 550 с.

14. Кирюшин В.И. Концепция адаптивно-ландшафтного земледелия. – Пушкино, 1993 - 64 с.

15. Кирюшин В.И. Методология формирования технологий возделывания сельскохозяйственных культур// Известия ТСХА. – 1996. - Вып. 2. - С. 32 – 39.

16. Wang, N., Xue, J., Peng, J., Biswas, A., He, Y., Shi, Z. Integrating remote sensing and landscape characteristics to estimate soil salinity using machine learning methods: A case study from Southern Xinjiang, China// Remote Sens. - 2020. - V. 12 (4118). - P. 1–21

17. Национальные системы высот в геодезии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Национальные_системы_высот_в_геодезии, свободный.

REFERENCES

1. Pashkang N.N., Savin O.I., Galkina Ye.A., Apevalova Z. V. Organicheskoye selskoye khozyaystvo - jedno iz perspektivnykh napravleny razvitiya agroekonomicheskoy nauki i obrazovaniya// Istoriya, sostoyaniye i perspektivy razvitiya agroekonomicheskoy nauki i obrazovaniya: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. - Voronezh, 2016. – S. 114-120.

2. Meemken, Eva-Marie, Qaim, Matin. Organic Agriculture, Food Security, and the Environment// Annual Review of Resource Economics. - 2018. - V. 10. – P. 39–63.

3. Hroma, I. Interconnection of organic agriculture, health, and sustainability: Bibliometric analysis//Health Economics and Management Review. - 2024. - V.5(4). - P.47-74.

4. Rubanov I.N. Sokha uzhe ne zovet// Ekspert. - 2011. - № 16 (750). - С. 52-58.

5. Moskaleva S.A., Kiryushin A.V., Maslyayev V.N., Khomyakova Ya.R. Monitoring zemel selskokhozyaystvennogo naznacheniya v munitsipalnom obrazovanii// Zemleustroystvo, kadastr nedvizhimosti i monitoring zemelnykh resursov: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. - Ulan-Ude, 2019. - S. 146-149.

6. Sedov P. S., Maslyayev V. N. Modelirovaniye protsessov migratsii zagryaznyayushchikh veshchestv v landshaftno-geokhimicheskikh sistemakh Mordovii// Prirodno-proizvodstvennyye sistemy regionov kompaktnogo prozhivaniya finno-ugorskikh narodov: materialy mezhvuz. sb. nauch. trudov. - Saransk, 2012. - T. 2. - S. 234-246.

7. Barabanov, A.T. Principles of adaptive-landscape generation and development of soil protection agricultural systems// Geogr. Nat. Resour. - 2016. – V. 37. - P. 106–113.

8. A. Pereponova, G. Lischeid, K. Grahmann, S. Dorothea Bellingrath-Kimura, F.A. Ewert. Use of the term “landscape” in sustainable agriculture research// A literature review, Heliyon. - 2023. – V. 9 (11).

9. V. I. Kiryushin. Prospects for the development of adaptive landscape farming systems in Russia// IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – Voronezh, 2022. - P. 1-6.

10. Li, S., Xiong, L., Li, Y. et al. A multilevel dataset of landform mapping and geomorphologic descriptors for the Loess Plateau of China// Sci Data. -2024. - V. 11 (1282). - P. 1-14.
11. Virginia H. Dale, Keith L. Kline, Stephen R. Kaffka, J. W. A. (Hans) Langeveld. A landscape perspective on sustainability of agricultural system// Landscape Ecology. - 2013. - V.28. - P. 1111-1123.
12. Kiryushin V.I. Teoriya adaptivno-landshaftnogo zemledeliya i proyektirovaniye agrolandshaftov. – M.: Kolos, 2011. – 443 s.
13. Kiryushin V.I. Ekologicheskkiye osnovy zemledeliya. - M.: Kolos, 1996. - 550 s.
14. Kiryushin V.I. Kontseptsiya adaptivno-landshaftnogo zemledeliya. – Pushchino, 1993 - 64 s.
15. Kiryushin V.I. Metodologiya formirovaniya tekhnology vozdeystviya selskokhozyaystvennykh kultur// Izvestiya TSKhA. – 1996. - Vyp. 2. - S. 32 – 39.
16. Wang, N., Xue, J., Peng, J., Biswas, A., He, Y., Shi, Z. Integrating remote sensing and landscape characteristics to estimate soil salinity using machine learning methods: A case study from Southern Xinjiang, China// Remote Sens. - 2020. - V. 12 (4118). - P. 1–21
17. Natsionalnye sistemy vysot v geodezii [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: https://ru.wikipedia.org/wiki/Natsionalnye_sistemy_vysot_v_geodezii, svobodnyy.

ТҮЙІН

Г.А. Звягин¹, Р.Х. Рамазанова^{1*}, А.В. Бецыв¹, А.И. Иорганский¹

ҚОСТАНАЙ ОБЛЫСЫНДА ОРГАНИКАЛЫҚ ЕГІНШІЛІКТІҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ
ДАМУЫНА ГЕОМОРФОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЛАРДЫҢ ӘСЕРІ

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

*e-mail: raushasoil88@mail.ru

Қазақстанда органикалық егіншілікті дамыту бірқатар қиындықтармен байланысты, ең алдымен әртүрлі табиғи жағдайлар мен агроландшафтарды ескере отырып ауыл шаруашылығы дақылдарының өнімділігін арттыруға бағытталған ғылыми негіздердің жеткіліксіздігіне байланысты. Осы жағдайда агроэкожүйелердің тұрақтылығын және жерді пайдаланудың тиімділігін айқындайтын факторларды анықтауға бағытталған зерттеулердің өзектілігі артады. Мақалада Қостанай облысы Фёдоров ауданының «Бексеитов Айдарбек Жумагазиевич» шаруа қожалығы аумағында жүргізілген зерттеу нәтижелері келтірілген. Зерттеудің мақсаты – геоморфологиялық жағдайлардың ауыл шаруашылығы алқаптарының құрылымына әсерін бағалау және органикалық егіншілікте бейімделген-ландшафтық жүйелерді әзірлеу. Жер бедерінің формалары мен элементтерін, беткейлердің еңістік дәрежесін және экспозициясын сандық картографиялау негізінде агроландшафтарды кешенді сипаттауға мүмкіндік беретін ГИС-бағалау алгоритмі ұсынылды. Жүргізілген агроэкологиялық топтастыру жерді ауыл шаруашылығында пайдалану бағытын айқындайтын жетекші геоморфологиялық факторларды анықтады. Жер бедері мен топырақ жамылғысының ерекшеліктерін ескере отырып дақылдарды өсіру бойынша практикалық ұсынымдар әзірленді. Алынған нәтижелер тұрақты және экологиялық тұрғыдан теңгерімді жер пайдаланудың ғылыми негізін қалыптастырады, Солтүстік Қазақстан жағдайында органикалық егіншіліктің тиімділігін арттырады, сондай-ақ топырақтарға антропогендік-техногендік жүктемені азайтуға және ауыл шаруашылығы дақылдарының әлеуетті өнімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Түйінді сөздер: органикалық егіншілік, агроландшафт, жер бедері, беткей экспозициясы, геоморфологиялық жағдайлар.

SUMMARY

G.A. Zvyagin¹, R.Kh. Ramazanova¹, A.V. Betsyv¹, A.I. Iorgansky¹

INFLUENCE OF GEOMORPHOLOGICAL CONDITIONS ON THE TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT OF ORGANIC FARMING IN KOSTANAY REGION

¹*Kazakh Research Institute of Soil Science and Agrochemistry named after U.U. Uspanov, 050060, Almaty, Al-Farabi Ave., 75B, Kazakhstan,***e-mail: raushasoil88@mail.ru*

The development of organic farming in Kazakhstan faces a number of challenges, primarily due to the insufficient scientific basis aimed at increasing crop yields under diverse natural conditions and agro-landscapes. In this context, research focused on identifying factors that determine the stability of agroecosystems and the efficiency of land use becomes particularly relevant. This article presents the results of studies conducted on the territory of the "Bekseitov Aidarbek Zhumagazievich" farm in the Fyodorov district of Kostanay region. The objective of the study was to assess the influence of geomorphological conditions on the structure of agricultural lands and to develop adaptive landscape systems for organic farming. Based on digital cartography of landform types, slope gradients and slope exposures, an algorithm for GIS-based land assessment was proposed, enabling a comprehensive characterization of agro-landscapes. The agroecological grouping of lands carried out in the study identified key geomorphological factors that determine agricultural land use directions. Practical recommendations for crop cultivation were developed taking into account landform and soil cover features. The obtained results form a scientific basis for sustainable and ecologically balanced land use, enhance the efficiency of organic farming under the conditions of Northern Kazakhstan, and also contribute to reducing anthropogenic-technogenic pressure on soils and increasing the potential productivity of agricultural crop.

Keywords: organic farming, agro-landscape, relief, slope exposure, geomorphological conditions.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. Звягин Григорий Александрович - научный сотрудник отдела мелиорации засоленных почв, PhD, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8779-5122>, e-mail: regor1984111@rambler.ru

2. Рамазанова Раушан Хамзаевна - Председатель Правления, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2059-709X>, e-mail: raushasoil88@mail.ru

3. Бецыв Альберт Валерьевич - научный сотрудник отдела мелиорации засоленных почв, PhD, ORCID <https://orcid.org/0009-0006-7609-4973>, e-mail: robert_foks@mail.ru

4. Иорганский Анатолий Иванович - главный научный сотрудник отдела географии, генезиса и оценки почв, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ORCID <https://orcid.org/0009-0006-2926-5311>, e-mail: iorgansky1938@mail.ru

ЗАСОЛЕНИЕ И МЕЛИОРАЦИЯ ПОЧВ

ГРНТИ 68.05.43; 68.01.77

DOI: 10.51886/1999-740X_2025_3_30

**Б.М. Амиров¹, С.О. Базарбаев¹, О.С. Жандыбаев^{1*}, М.Н. Пошанов¹,
О.С. Курманакын¹****МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАСОЛЕННОСТИ ПОЧВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
КОНДУКТОМЕТРИИ***¹Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии
имени У.У. Успанова, 050060, Алматы, пр. аль-Фараби, 75В, Казахстан,***e-mail: mr.orken@yandex.kz*

Аннотация. Засоленность почв остается одной из приоритетных проблем деградации земельных ресурсов, особенно в засушливых и орошаемых регионах Центральной Азии и юга Казахстана. В статье рассматривается возможность применения метода кондуктометрии как экспресс-способа оценки степени засоленности почв с использованием измерений электропроводности (ЕС) водной вытяжки. Работа выполнена на примере почв Шаульдерского массива Туркестанской области, характеризующихся различными уровнями солевой нагрузки. Полевые исследования включали отбор 76 почвенных образцов с разной глубины (до 1 м), подготовку вытяжек в соотношении почва:вода — 1:5 и измерение ЕС с использованием кондуктометра FieldScout Direct Soil EC Meter (CTS 50C). На основании полученных значений ЕС и содержания суммы солей была проведена классификация почв по степени засоленности в соответствии с международной классификацией Richards (1954) и FAO. Диапазон значений электропроводности составлял от 0,254 до 15,420 мСм/см, что охватывает спектр от незасоленных до сильно засоленных почв. Для количественного описания взаимосвязи между ЕС и содержанием растворимых солей построены и сравнены пять типов регрессионных моделей: линейная, логарифмическая, степенная, а также полиномиальные модели второй и третьей степени. Оценка точности проводилась с использованием коэффициента детерминации (R^2), среднеквадратической ошибки (MSE) и дисперсионного анализа (ANOVA). Наилучшие результаты показала полиномиальная модель третьей степени ($R^2=0,947$; MSE=0,034), обеспечивая наиболее точную аппроксимацию эмпирических данных. Линейная модель также продемонстрировала высокую точность ($R^2=0,904$; MSE=0,062), что позволяет оперативно использовать модель в прикладных задачах. Логарифмическая модель оказалась наименее информативной ($R^2=0,668$; MSE =0,215). Проведенный дисперсионный анализ подтвердил статистическую значимость влияния электропроводности на содержание солей ($p < 0,001$). Полученные результаты могут быть использованы для экспресс-диагностики засоленности, зонирования земель по степени пригодности для сельскохозяйственного использования, а также для планирования мелиоративных мероприятий. Метод кондуктометрии рекомендован к применению как в исследовательской, так и в производственной практике, включая дистанционный мониторинг с использованием ЕС-датчиков и ГИС-технологий.

Ключевые слова: засоленность почв, электропроводность, кондуктометрия, регрессионный анализ, математическое моделирование, экспресс-метод.

ВВЕДЕНИЕ

Засоление почв представляет собой серьезную экологическую и аграрную проблему, особенно актуальную в условиях водного дефицита, вторич-

ного засоления и недостаточной эффективности мелиоративной инфраструктуры. Согласно Глобальной карте засоленных почв (GSASmap), более 1,38 млрд га почв подвержены засо-

лению. Среди наиболее уязвимых регионов выделяются Австралия, Аргентина и Казахстан [1].

Основные климатические и антропогенные факторы способствуют как первичному, так и вторичному засолению почв. В условиях Центральной Азии и юга Казахстана это особенно актуально на фоне нарастающего водного дефицита, изменения климата и недостаточной эффективности ирригационно-дренажных систем [2].

Для устойчивого земледелия, особенно в мелиоративных зонах, важно быстро и точно оценивать степень засоленности. Перспективным методом является кондуктометрический анализ, позволяющий оперативно определять содержание солей по электропроводности почвенного раствора [3].

Традиционные методы диагностики засоленности являются трудоёмкими и затратными. В этих условиях особую актуальность приобретает кондуктометрический метод, основанный на определении электропроводности водной вытяжки (ЕС), отражающей общее содержание растворённых солей. Метод ЕС получил широкое распространение благодаря своей высокой чувствительности, простоте применения и применимости в полевых условиях [4, 5].

Согласно классификации Richards, почвы с $ЕС > 4$ мСм/см считаются засоленными [6]. При этом измерения ЕС можно проводить как в насыщенной пасте, так и в водной вытяжке (1:5), что технологически проще и адаптировано к полевым условиям [3, 4]. Водная вытяжка широко используется благодаря высокой корреляции между ЕС 1:5 и засоленностью [7]. Теоретические основы метода ЕС связаны с работами Hillel, где подчеркнута прямая зависимость электропроводности от концентрации, валентности и подвижности ионов, текстуры почвы и температуры [5]. Ayers и Westcot также отмечают

важность ЕС для контроля качества оросительной воды и управления солевым балансом [8]. Практические исследования, в том числе работы Kargas и Kerkides, подтвердили применимость ЕС для оценки общего солевого состава почв и вод [9]. Современные подходы к мониторингу засоления включают дистанционные и цифровые методы. Так, Shirokova и др. описывают комплексные системы наблюдения, сочетающие наземные ЕС-датчики и данные дистанционного зондирования [10]. Zhang и др. продемонстрировали высокую точность оценки засоления при совместном использовании спутниковых данных и наземных ЕС-измерений [11]. В условиях Центральной Азии и юга Казахстана проблема вторичного засоления обостряется из-за неэффективного водопользования и недостатка дренажной инфраструктуры. По данным И.А. Алиева это одна из ключевых причин деградации почв в регионе [12, 13]. М.С. Сейдахметов сообщает, что более 40% орошаемых земель Туркестанской области подвержены различным видам деградации, включая засоление [14]. Gharib и др. в своем исследовании подчеркивают, что метод ЕС обладает высокой чувствительностью к изменениям содержания солей и может применяться как на этапе первичной оценки, так и для контроля динамики засоленности в пространстве и времени. Их данные подтверждают применимость ЕС-карт и моделей в системах мониторинга сельскохозяйственных почв [15]. Исследования других ученых также выявили достоверную зависимость между электропроводностью и содержанием солей [16, 17]. Метод кондуктометрии — один из наиболее широко применяемых и доступных способов экспресс-оценки общего содержания растворимых солей в почвенном растворе. Он основан на измерении электропроводности (ЕС), которая прямо пропорциональна кон-

центрации растворенных ионов, таких как Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} и HCO_3^- . Как отмечают Власова и др., кондуктометрия позволяет получить результаты быстро и без использования реагентов, что делает ее незаменимой в полевых условиях [18].

Р.Р. Исмаилов и К.Ш. Абдрахманов предложили регрессионные модели для экспресс-оценки засоленности с коэффициентом детерминации $R^2 > 0,8$ [19]. Работы Mukhamedjanov и Toderich демонстрируют успешное использование спутниковых данных и картографирования засоленных почв в регионе [20].

Анализ научной литературы показывает, что метод электропроводности (ЕС) является универсальным, доступным и информативным инструментом диагностики засоленности почв. В условиях Казахстана и Центральной Азии метод получил широкое распространение благодаря своей применимости в полевых условиях и высокой корреляции с содержанием солей. Его эффективность возрастает при использовании математического моделирования и дистанционного зондирования. В будущем интеграция ЕС с цифровыми ГИС-системами и сенсорными технологиями может стать основой устойчивого мониторинга засоленных земель в аридных регионах мира.

Многочисленные исследования подтверждают наличие тесной корреляционной связи между ЕС и содержанием растворенных солей в почве. В частности, Xu et al. показали, что между ЕС и уровнем засоленности существует устойчивая зависимость при различных уровнях влажности, а точность моделей может быть улучшена при использовании полиномиальных, степенных и экспоненциальных функций [17]. Gupta & Abrol обосновали возможность использования ЕС в качестве индикатора солевой нагрузки при разработке мелиоративных мероприятий [21]. Keren & Miyamoto подчеркивают значимость ЕС

для оценки мелиоративного состояния почв при повторном использовании дренажных вод и обосновании доз промывки. Авторы подчеркивают важность локальной калибровки моделей ЕС–соленость, особенно в условиях высокой текстурной неоднородности [22].

Несмотря на наличие зарубежных классификаций, они не учитывают текстурные, химические характеристики почв и климатические особенности юга Казахстана. В этой связи актуальной является задача локальной калибровки зависимости между ЕС и содержанием растворимых солей для условий региона.

Цель исследования: построение и валидация математических моделей для оценки засоленности сероземных почв на основе электропроводности водной вытяжки и обоснование их применимости для агрономической практики.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводилось на территории Шаульдерского массива (Туркестанская область, Казахстан), характеризующегося преобладанием сероземных почв. Участки подбирались с учетом разной степени засоленности. Почвы имеют средне- и тяжелосуглинистый гранулометрический состав, содержание гумуса менее 1 %, уровень рН — слабощелочной. Диапазон колебаний величины электропроводностей почвенных вытяжек составлял от 0,2 до 15,4 мСм/см, что характеризует широкую амплитуду засоленности почв – от незасоленных до сильнозасоленных по классификации USDA [6].

Было отобрано 76 образцов с глубины до 1 м. Водные вытяжки готовились в соотношении 1:5. Электропроводность раствора измерялась прибором FieldScout Direct Soil EC Meter (CTS 50C), откалиброванным на растворе NaCl. Содержание суммы солей определялось по ГОСТ 26423–85 – 26428–85.

Для описания зависимости между ЕС и содержанием солей были построены регрессионные модели: линейная, логарифмическая, степенная, полиномиальная 2-й и 3-й степени. Оценка качества моделей проводилась по коэффициенту детерминации (R^2), среднеквадратической ошибке (MSE) и с использованием дисперсионного анализа (ANOVA).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам измерений почвенных проб, значения ЕС варьировали от 0,254 до 15,420 мСм/см, а содержание солей — от 0,077 до 4,518%.

Корреляционный анализ показал тесную положительную связь между ЕС и суммой солей ($r = 0,951$).

Наилучшую аппроксимацию обеспечила полиномиальная модель 3-й степени ($R^2=0,947$; $MSE=0,034$), что свидетельствует о выраженной нелинейной зависимости между показателями. Линейная модель также показала высокую точность ($R^2=0,904$), но уступила полиномиальной по уровню погрешности.

Результаты измерения электропроводности и суммы солей почвенных проб приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты измерения электропроводности и суммы солей почвенных проб

Но- мер про- бы	Показание кондук- тометра (мСм/см) при 4-25 °С	Сум- ма со- лей, %	Но- мер про- бы	Показание кондук- тометра (мСм/см) при 4-25 °С	Сум- ма со- лей, %	Но- мер про- бы	Показание кондук- тометра (мСм/см) при 4-25 °С	Сум- ма со- лей, %
1	0,307	0,077	27	0,524	0,180	51	3,520	0,798
2	0,566	0,085	28	0,377	0,182	52	4,050	0,861
3	0,326	0,086	27	0,524	0,180	53	3,830	0,878
4	0,353	0,088	28	0,377	0,182	54	3,480	0,932
5	0,634	0,089	29	1,060	0,186	55	3,740	0,957
6	0,254	0,095	30	1,034	0,197	56	3,440	0,957
7	0,639	0,095	31	0,923	0,199	57	3,473	0,965
8	0,300	0,098	32	0,744	0,203	58	3,340	0,965
9	0,475	0,099	33	0,664	0,207	59	4,990	1,024
10	0,372	0,099	34	1,073	0,208	60	4,030	1,117
11	0,386	0,102	35	1,531	0,209	61	6,110	1,122
12	0,669	0,105	36	0,463	0,211	62	6,400	1,208
13	0,455	0,105	37	0,739	0,239	63	6,780	1,243
14	0,316	0,107	38	0,701	0,278	64	6,000	1,253
15	0,737	0,109	39	1,623	0,322	65	9,550	1,396
16	0,734	0,113	40	1,815	0,345	66	7,150	1,499
17	0,374	0,121	41	1,672	0,358	67	7,800	1,502
18	0,701	0,123	42	1,593	0,361	68	5,380	1,506
19	0,418	0,124	43	1,716	0,413	69	7,320	1,661
20	0,368	0,128	44	2,120	0,519	70	7,030	1,704
21	0,538	0,142	45	1,895	0,589	71	7,500	1,728
22	0,603	0,155	46	4,190	0,618	72	10,040	1,744
23	1,116	0,161	47	2,700	0,652	73	10,000	1,784
24	0,667	0,164	48	0,456	0,659	74	6,980	1,931
25	0,838	0,170	49	1,628	0,683	75	13,300	4,196
26	0,664	0,170	50	2,810	0,722	76	15,420	4,518

Анализ показывает четкую положительную корреляцию между электропроводностью и суммой солей (рисунок 1). Зависимость между электропроводностью водной вытяжки и содержанием растворимых солей характеризуется четко выраженной положительной корреляцией ($R = 0,951$), при которой с увеличением электропроводности возрастает и концентрация солей, что подтверждает целесообразность применения метода кондуктометрии в качестве экспресс-оценки степени засоленности почвы. В диапазоне проб от первой до сороковой наблюдаются низкие значения как электропроводности, так и содержания солей, что свидетельствует о незасоленных или слабозасоленных почвах при этом линии зависимости практически совпадают, указывая на устойчивую взаимосвязь между этими показателями. В промежутке от сорок первой до шестидесятой пробы фиксируется постепенный рост значений с заметными колебаниями электропроводности относительно содержания солей, что может быть обусловлено преобладанием отдельных ионов, обладающих высокой удельной проводимостью, таких как натрий или хлориды при неизменной массе солей. Начиная с

шестидесятой и до семьдесят шестой пробы наблюдается резкое увеличение как электропроводности, так и суммарного содержания солей, особенно отчетливо выраженное в кривой электропроводности, что свидетельствует о наличии сильно засоленных почв возможно с токсичной концентрацией солей угрожающей урожайности сельскохозяйственных культур. Максимальные значения электропроводности достигают порядка шестнадцати миллисименс на сантиметр, что превышает порог солеустойчивости большинства возделываемых растений.

Таким образом, между электропроводностью и содержанием растворимых солей устанавливается сильная нелинейная положительная зависимость, позволяющая использовать метод кондуктометрии как эффективный инструмент для экспресс-оценки засоленности почвы, тогда как для более точного количественного анализа рекомендуется построение регрессионной модели с учетом типа почвы ионного состава и температурных корректировок.

Предложено условное ранжирование исследованных почв по степени засоленности на основе ЕС водной вытяжки (таблица 2).

Таблица 2 - Классификация почв по степени засоленности на водной вытяжке 1:5

Условный диапазон ЕС, мСм/см	Характеристика почвы
< 1	Незасоленная
1,0-2,0	Слабозасоленная
2,0 – 4,0	Среднезасоленная
4,0-8,0	Сильнозасоленная
> 8	Очень сильнозасоленная

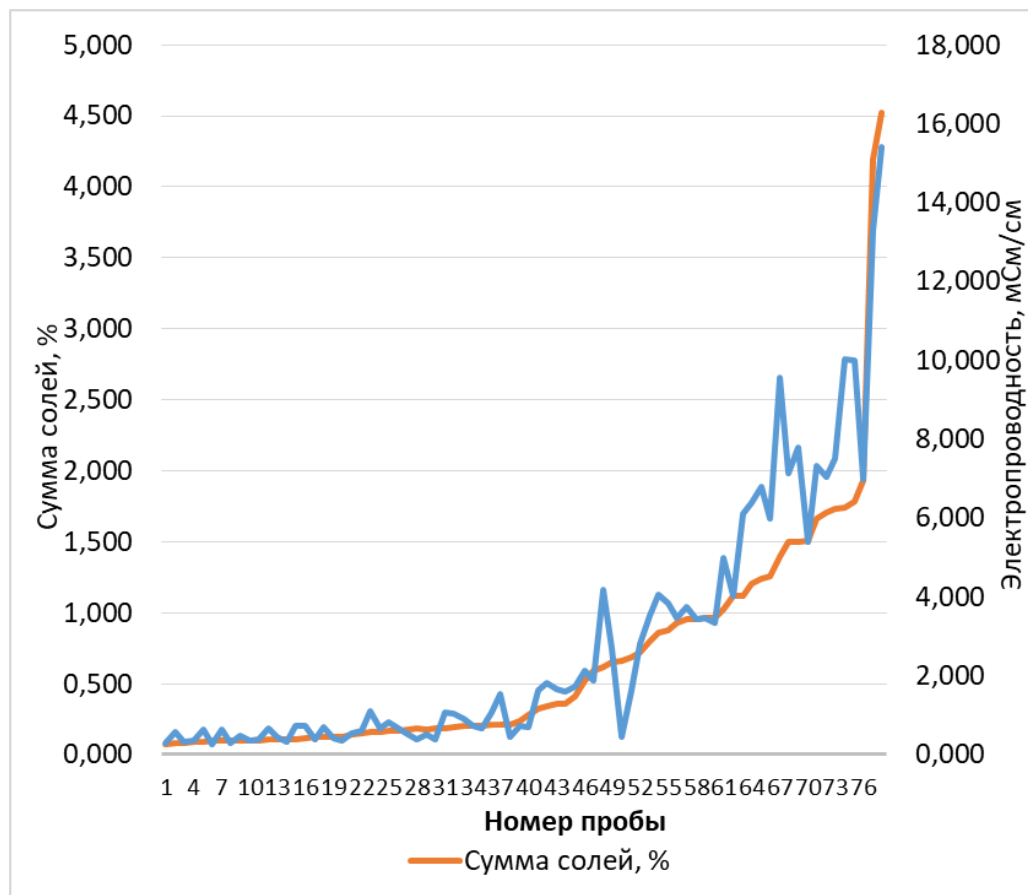


Рисунок 1 – График соответствия между содержанием растворимых солей и электропроводностью почвенного раствора

Анализ диапазонов значений электропроводности позволил выделить пять основных уровней засоленности почв:

Незасоленные почвы ($EC < 1$ мСм/см) - характеризуются отсутствием признаков накопления солей, обладают благоприятными агрохимическими свойствами. К данной категории отнесены пробы № 1–30, что составляет основную часть выборки, свидетельствуя о преобладании пригодных для земледелия участков.

Слабозасоленные почвы (EC от 1 до 2 мСм/см) — содержат незначительное количество растворимых солей, что может оказывать влияние на рост чувствительных к засолению культур, однако в целом остаются ограниченно

пригодными для сельскохозяйственного использования. К этой группе отнесены пробы № 31–45.

Среднезасоленные почвы (EC от 2 до 4 мСм/см) — указывают на наличие выраженного засоления, которое может существенно ограничивать продуктивность сельскохозяйственных культур без предварительных мелиоративных мероприятий. В выборке к данной категории относятся пробы № 46–52.

Сильнозасоленные почвы (EC от 4 до 8 мСм/см) — содержат высокие концентрации солей, неблагоприятные для большинства растений. Такие почвы требуют комплексного восстановления и рассматриваются как малопригодные для земледелия. К этой группе отнесены пробы № 52–70.

Очень сильнозасоленные почвы ($EC > 8$ мСм/см) — содержат очень высокие концентрации солей, токсичные для растений. Такие почвы требуют кардинального восстановления и рассматриваются как непригодные для земледелия. К этой группе отнесены пробы № 71–76.

Представленная классификация учитывает локальные особенности солевого состава и текстуры почв и может служить основой для дифференцированной агротехнической оценки и зонирования.

В наших исследованиях максимальное зарегистрированное значение электропроводности составило 15,42 мСм/см (проба № 76), что соответствует содержанию солей на уровне 4,518 %. Это указывает на очень высокую степень засоленности, характерную для солонцов или солончаков, подверженных переувлажнению. Кроме того, пробы №72, №73 и №75 демонстрируют резкий рост значений EC , что может свидетельствовать о

наличии локального очага вторичного засоления, обусловленного нарушением водно-солевого баланса.

Полученные данные легли в основу построения регрессионных моделей, отражающих количественную зависимость между электропроводностью почвенного раствора и общей концентрацией солей. Такие модели могут быть использованы для оперативной оценки степени засоленности и зонирования почвенных участков по степени пригодности для сельскохозяйственного использования.

Метод особенно полезен для базовой классификации почв по степени засоленности в полевых условиях, позволяя ускорить диагностику и планирование мелиорации.

В целях прогнозирования содержания солей в почве по данным электропроводности (EC) были построены математические модели: линейная, полиномиальная (2-й и 3-й степени), логарифмическая и степенная (таблица 3).

Таблица 3 - Оценка качества различных регрессионных моделей для зависимости между электропроводностью (EC) и суммой солей (%)

Модель	Формула	R^2	MSE
Линейная	$y = 0,2361x - 0,0031$	0,904	0,062
Логарифмическая	$y = 0,5713\ln(x) + 0,438$	0,668	0,215
Степенная	$y = 0,2536x^{0,9063}$	0,903	0,083
Полиномиальная 2-й степени	$y = 0,0089x^2 + 0,1375x + 0,1109$	0,929	0,046
Полиномиальная 3-й степени	$y = 0,002x^3 - 0,0331x^2 + 0,3409x - 0,0298$	0,947	0,034

Проведенные математические анализы показали, что наиболее точной оказалась полиномиальная модель 3-й степени, при этом линейная модель показала хорошие результаты и может быть использована для упрощенной

интерпретации, тогда как логарифмическая модель значительно уступает по качеству. Дисперсионный анализ показал статистическую значимость моделей ($F=718,2$; $p < 0,001$) (таблица 4).

Таблица 4 - Результаты дисперсионного анализа (ANOVA)

Источник вариации	Сумма квадратов	Степени свободы	F-критерий	p-значение
ЕС (эл. проводимость)	45.72	1	718.23	1.8×10^{-40}
Остатки	4.84	76	—	—

Для каждого вида модели были построены графики зависимости содержания солей от электропроводности. На рисунках 2-6 приведено сравнение эмпирических точек и линий регрессии для различных моделей.

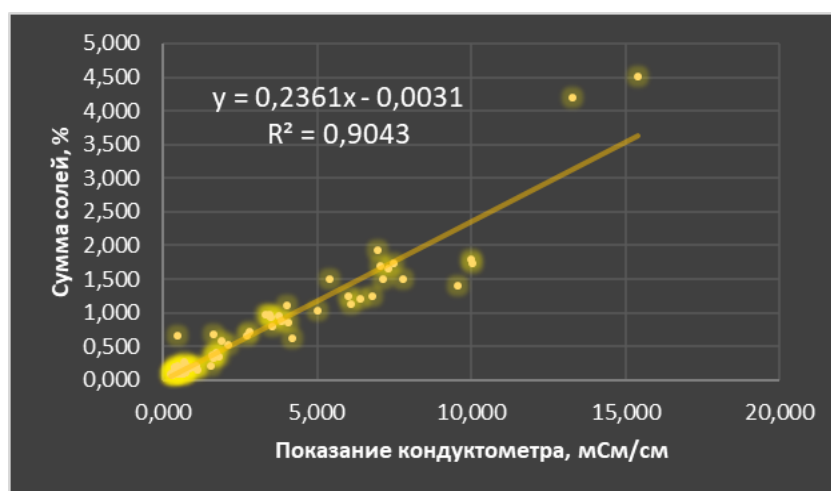


Рисунок 2 – Линейная модель зависимости содержания солей от электропроводности (ЕС) почвы

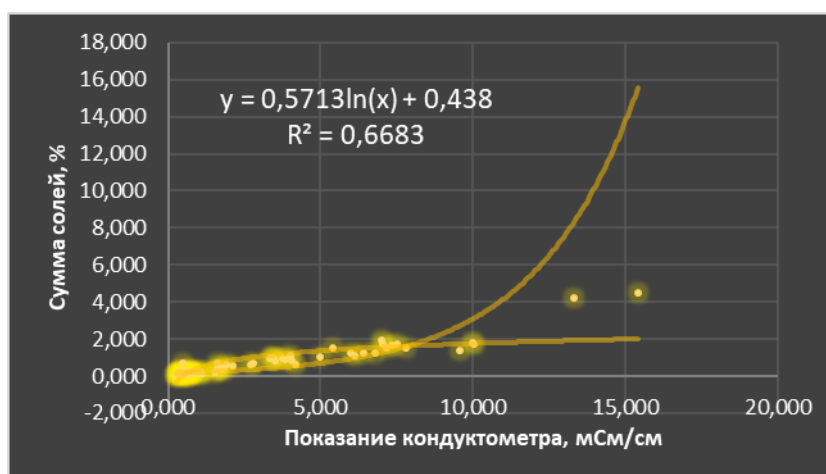


Рисунок 3 – Логарифмическая модель зависимости содержания солей от электропроводности (ЕС) почвы

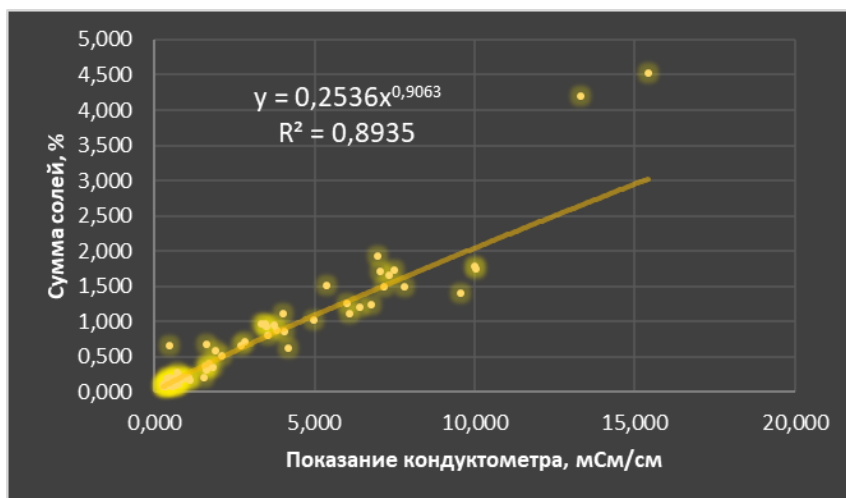


Рисунок 4 – Степенная модель зависимости содержания солей от электропроводности (ЕС) почвы

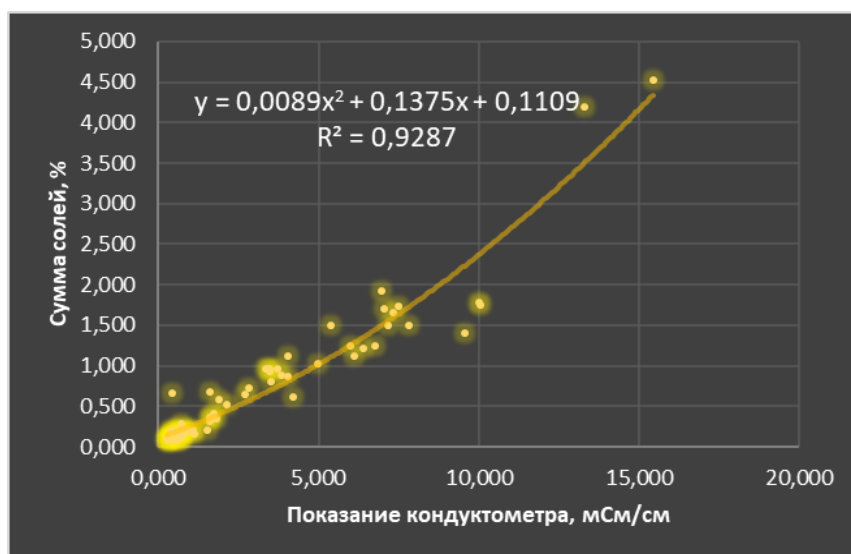


Рисунок 5 – Полиномиальная модель 2-й степени зависимости содержания солей от электропроводности (ЕС) почвы

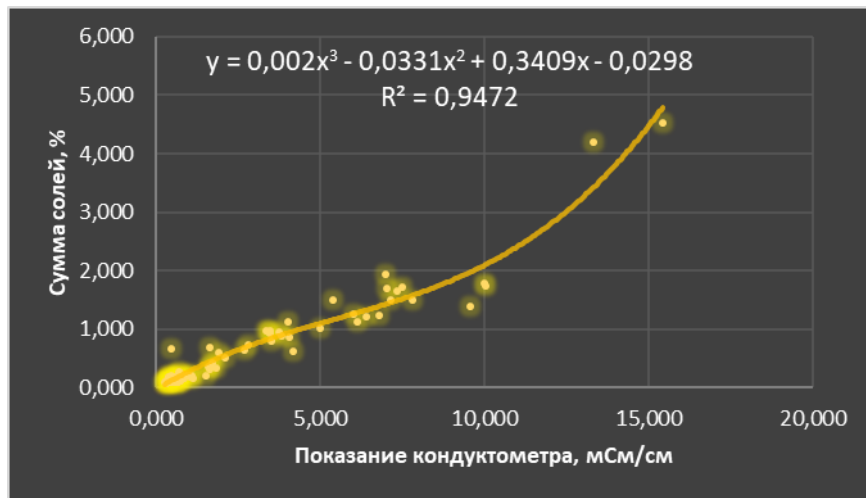


Рисунок 6 – Полиномиальная модель 3-й степени зависимости содержания солей от электропроводности (ЕС) почвы

Сравнительный анализ показал, что наилучшее качество аппроксимации демонстрирует полиномиальная модель третьей степени, обладающая наивысшим коэффициентом детерминации ($R^2=0,947$) и наименьшей среднеквадратичной ошибкой ($MSE=0,034$). Линейная модель также показала высокую точность ($R^2=0,904$, $MSE=0,062$) и может использоваться в случае необходимости упрощения вычислений. Логарифмическая модель показала сравнительно низкие значения коэффициента детерминации ($R^2=0,668$, $MSE=0,215$), что свидетельствует об их ненадежности в рассматриваемых условиях.

Полученные результаты подтверждают выводы других авторов [23-25], что полиномиальные модели лучше описывают зависимость ЕС от содержания солей на слабо- и умеренно засоленных почвах, чем линейные или логарифмические зависимости.

Таким образом, впервые проведена локальная калибровка зависимости между электропроводностью (ЕС) и содержанием растворимых солей для сероземных почв юга Казахстана.

Установлена целесообразность применения полиномиальной модели

третьей степени для описания данной зависимости, что обеспечивает более высокую точность прогноза, чем традиционные линейные и логарифмические модели.

Предложена модифицированная шкала градации засоленности почв по ЕС, адаптированная к региональным агроэкологическим условиям.

Полученные зависимости могут быть использованы для экспресс-оценки, дистанционного мониторинга и мелиоративного планирования, включая применение в ГИС-системах.

ВЫВОДЫ

Метод кондуктометрии подтвердил свою эффективность в оценке содержания растворимых солей в сероземных почвах юга Казахстана. Наиболее точной оказалась полиномиальная модель 3-й степени. Полученные данные позволяют рекомендовать метод для экспресс-оценки, пространственного зонирования и мелиоративного прогнозирования.

Рекомендуется использование модели в сочетании с дистанционным зондированием и ГИС-анализом для комплексного мониторинга деградации почв.

Работа выполнена в рамках научно-практического сопровождения субъектов АПК по внедрению в деятельность разработанного бизнес-проекта по договору №29 от 2025-04-13 «Инновационная агротехнология повышения урожайности кукурузы на засоленных почвах Туркестанской области через улучшение почвенного плодородия и оптимизацию питания в условиях ведения устойчивого земледелия».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Global map of salt-affected soils [Электронный ресурс]: FAO Soils Portal.
– Режим доступа: <https://www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-maps-and-databases/global-map-of-salt-affected-soils/ar/>, свободный.
2. FAO. Global status of salt-affected soils – Main report. – Rome, 2024. – 148 с.
3. Rhoades J.D., Kandiah A., Mashali A.M. The use of saline waters for crop production. – Rome: FAO, 1992. – 133 p.
4. Corwin D.L., Lesch S.M. Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture// Computers and Electronics in Agriculture. – 2005. – Vol. 46, Issue 1–3. – P. 11–43.
5. Hillel, D. Introduction to Environmental Soil Physics. – Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2004. – 494 p.
6. Richards, L.A. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils// USDA Agriculture Handbook. – Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1954. - № 60. – 160 p.
7. Slavich P.G., Petterson G.H. Estimating the electrical conductivity of saturated paste extracts from 1:5 soil: water suspensions and texture// Australian Journal of Soil Research. – 1990. – Vol. 28. – P. 453–463.
8. Ayers, R.S., Westcot, D.W. Water Quality for Agriculture// FAO Irrigation and Drainage Paper. – Rome: FAO, 1985. – № 29. – 174 p.
9. Kargas G., Kerkides P. Electrical conductivity and total dissolved solids in irrigation water in relation to soil properties// Agricultural Water Management. - 2008. - Vol. 95, № 5. - P. 603–612.
10. Shirokova, Y.I., Forkutsa, I., Sharipova, S.S. et al. Soil salinization in Central Asia: Monitoring approaches and problems// Sustainability. – 2021. – Vol. 13, Issue 11. – P. 6146.
11. Zhang M., Liu Z., Zhang Z. et al. Mapping soil salinity using remote sensing and soil characteristics: A case study in the Bosten Lake watershed, China// Geoderma. – 2018. – Vol. 311. – P. 1–12.
12. Алиев И. А. Засоление почв юга Казахстана и пути их мелиорации. Вестник КазНАУ. - 2016. - № 2. - С. 25–32.
13. Алиев, И.А. Состояние и использование орошаемых земель Южного Казахстана// Агроөнеркәсіп кешені Қазақстанда. – 2016. – № 3 (55). – С. 22–26.
14. Сейдахметов М.С. Анализ состояния засоленных почв Туркестанской области// Почвоведение и агрохимия. - 2019. - № 4. - С. 14–19.
15. Gharib S., Naseri A., Ashraf S. Evaluation of Soil Salinity Mapping Based on Electrical Conductivity// Soil & Tillage Research - 2019. - V. 189. - P. 129–136.
16. Жумабеков, Ж.К., Абдраманова, А.А. Использование электропроводности при оценке засоленности почв// Аграрная наука Евразии. – 2021. – Т. 11, № 3 (39). – С. 49–53.

17. Xu, X., Wang, J., & Deng, L. (2014). Relationships between soil salinity and electrical conductivity under different moisture conditions// *Environmental Monitoring and Assessment*. – 2014. – Vol. 186, № 6. – P. 3451–3460.
18. Власова, Н.А., Иванова, Л.А., Широкова, Л.В. Электропроводность почвенного раствора как показатель засоленности// *Почвоведение*. – 2007. – №3. – С. 84–89.
19. Исмаилов, Р.Р., Абдрахманов, К.Ш. Применение экспресс-методов для определения засоленности почв// *Почвоведение и агрохимия*. – 2020. – № 2(74). – С. 55–61.
20. Mukhamedjanov, H.K., Toderich, K.N. Monitoring of soil salinization using GIS and remote sensing in Central Asia// *Environmental Earth Sciences*. – 2015. – Vol. 74. – P. 4539–4547.
21. Gupta R.K., Abrol I.P. Salt-affected soils: Their reclamation and management for crop production// *Journal of Advances in Soil Science*. – 1990. – Vol. 11. – P. 223–288.
22. Keren R., Miyamoto S. Reclamation of saline and sodic soils // *Advances in Agronomy*. – 2012. – Vol. 115. – P. 325–380.
23. Мельников П.В., Сатпаев А.Н. Оценка засоления почв по электропроводности водных вытяжек// *Вестник аграрной науки*. – 2020. – № 6. – С. 64–69.
24. Zaman M. et al. Soil salinity monitoring approaches using EC measurements// *Journal of Environmental Management*. – 2019. – Vol. 236. – P. 90–99.
25. Панова С.В. Оценка экспресс-методов для диагностики солевого загрязнения почв// *Агрохимия*. – 2017. – № 11. – С. 48–55.

REFERENCES

1. Global map of salt-affected soils [Elektronnyy resurs]: FAO Soils Portal. – Rezhim dostupa: <https://www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-maps-and-databases/global-map-of-salt-affected-soils/ar/>, svobodny.
2. FAO. Global status of salt-affected soils – Main report. – Rome, 2024. – 148 c.
3. Rhoades J.D., Kandiah A., Mashali A.M. The use of saline waters for crop production. – Rome: FAO, 1992. – 133 p.
4. Corwin D.L., Lesch S.M. Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture// *Computers and Electronics in Agriculture*. – 2005. – Vol. 46, Issue 1–3. – P. 11–43.
5. Hillel, D. Introduction to Environmental Soil Physics. – Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2004. – 494 p.
6. Richards, L.A. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils// *USDA Agriculture Handbook*. – Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1954. - № 60. – 160 p.
7. Slavich P.G., Petterson G.H. Estimating the electrical conductivity of saturated paste extracts from 1:5 soil:water suspensions and texture// *Australian Journal of Soil Research*. – 1990. – Vol. 28. – P. 453–463.
8. Ayers, R.S., Westcot, D.W. Water Quality for Agriculture// *FAO Irrigation and Drainage Paper*. – Rome: FAO, 1985. – № 29. – 174 p.
9. Kargas G., Kerkides P. Electrical conductivity and total dissolved solids in irrigation water in relation to soil properties// *Agricultural Water Management*. - 2008. - Vol. 95, № 5. - P. 603–612.

10. Shirokova, Y.I., Forkutsa, I., Sharipova, S.S. et al. Soil salinization in Central Asia: Monitoring approaches and problems// Sustainability. – 2021. – Vol. 13, Issue 11. – P. 6146.
11. Zhang M., Liu Z., Zhang Z. et al. Mapping soil salinity using remote sensing and soil characteristics: A case study in the Bosten Lake watershed, China// Geoderma. – 2018. – Vol. 311. – P. 1–12.
12. Aliyev I. A. Zasoleniye pochv yuga Kazakhstana i puti ikh melioratsii. Vestnik KazNAU. – 2016. – № 2. – С. 25–32.
13. Aliyev, I.A. Sostoyaniye i ispolzovaniye oroshayemykh zemel Yuzhnogo Kazakhstana// Agroönerkäsip kesheni Qazaqstanda. – 2016. – № 3 (55). – С. 22–26.
14. Seydakhmetov M.S. Analiz sostoyaniya zasolennykh pochv Turkestanskoy oblasti// Pochvovedeniye i agrokhimiya. – 2019. – № 4. – С. 14–19.
15. Gharib S., Naseri A., Ashraf S. Evaluation of Soil Salinity Mapping Based on Electrical Conductivity// Soil & Tillage Researchyu - 2019. – V. 189. – P. 129–136.
16. Zhumabekov, Zh.K., Abdramanova, A.A. Ispolzovaniye elektroprovodnosti pri otsenke zasolennosti pochv// Agrarnaya nauka Yevrazii. – 2021. – T.11, №3 (39). – С. 49–53.
17. Xu, X., Wang, J., & Deng, L. (2014). Relationships between soil salinity and electrical conductivity under different moisture conditions// Environmental Monitoring and Assessment. – 2014. – Vol. 186, № 6. – P. 3451–3460.
18. Vlasova, N.A., Ivanova, L.A., Shirokova, L.V. Elektroprovodnost pochvennogo rastvora kak pokazatel zasolennosti// Pochvovedeniye. – 2007. – №3. – С. 84–89.
19. Ismailov, R.R., Abdrakhmanov, K.Sh. Primeneniye ekspress-metodov dlya opredeleniya zasolennosti pochv// Pochvovedeniye i agrokhimiya. – 2020. – № 2(74). – С. 55–61.
20. Mukhamedjanov, H.K., Toderich, K.N. Monitoring of soil salinization using GIS and remote sensing in Central Asia// Environmental Earth Sciences. – 2015. – Vol. 74. – P. 4539–4547.
21. Gupta R.K., Abrol I.P. Salt-affected soils: Their reclamation and management for crop production// Journal of Advances in Soil Science. – 1990. – Vol. 11. – P. 223–288.
22. Keren R., Miyamoto S. Reclamation of saline and sodic soils // Advances in Agronomy. – 2012. – Vol. 115. – P. 325–380.
23. Melnikov P.V., Satpayev A.N. Otsenka zasoleniya pochv po elektroprovodnosti vodnykh vytyazhek// Vestnik agrarnoy nauki. – 2020. – №6. – С. 64–69.
24. Zaman M. et al. Soil salinity monitoring approaches using EC measurements// Journal of Environmental Management. – 2019. – Vol. 236. – P. 90–99.
25. Panova S.V. Otsenka ekspress-metodov dlya diagnostiki solevogo zagryazneniya pochv// Agrokhimiya. – 2017. – № 11. – С. 48–55.

ТҮЙІН

Б.М. Амиров¹, С.О. Базарбаев¹, О.С. Жандыбаев^{1*}, М.Н. Пошанов¹,О.С. Құрманакын¹

КОНДУКТОМЕТРИЯ ӘДІСІМЕН ТОПЫРАҚТЫҢ ТҰЗДАНУЫН МОДЕЛЬДЕУ

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

*e-mail: mr.orken@yandex.kz

Топырақтың тұздануы – жер ресурстарының тозуының басты мәселелерінің бірі, әсіресе Орталық Азия мен Қазақстанның оңтүстігіндегі құрғақ және суармалы аймақтарда. Бұл зерттеуде топырақтың тұздану деңгейін су ерітіндісінің электрөткізгіштігін (ЕС) өлшеу негізінде экспресс-бағалау үшін кондуктометрия әдісін қолдану мүмкіндігі қарастырылады. Зерттеу нысаны ретінде Түркістан облысының Шаульдер алабындағы әртүрлі тұз жүктемесімен сипатталатын сұр топырақтар таңдалды. Тереңдігі 1 метрге дейінгі 76 топырақ үлгісі алынып, топырақ:су қатынасы 1:5 болатын су ерітінділері дайындалды. Өлшеулер FieldScout Direct Soil EC Meter (CTS 50C) калибрленген құрылғысы арқылы жүргізілді. Алынған мәліметтер негізінде Richards (1954) және FAO халықаралық жіктелмелеріне сәйкес топырақтардың тұздану деңгейі бойынша саралау жүргізілді. ЕС мәндері 0,254-тен 15,420 мСм/см аралығында өзгеріп, тұзсыздан жоғары тұзданған топырақтарға дейінгі диапазонды қамтыды. Бес түрлі регрессиялық модельдер (сызықтық, логарифмдік, дәрежелік, екінші және үшінші дәрежелі полиномиалдық) салыстырылды. Ең жоғары дәлдік үшінші дәрежелі полиномиалдық модельмен анықталды ($R^2 = 0,947$; $MSE = 0,034$). ANOVA талдауы ЕС мен тұз мөлшері арасындағы байланыстың статистикалық мәнділігін растады ($p < 0,001$). Алынған модельдер тұздануды жедел анықтау, топырақты аймақтарға бөлу және мелиорациялық жоспарлау үшін қолданыла алады.

Түйінді сөздер: топырақ тұздануы, электрөткізгіштік, кондуктометрия, регрессиялық талдау, математикалық модельдеу, экспресс-әдіс.

SUMMARY

B.M. Amirov¹, S.O. Bazarbayev¹, O.S. Zhandybayev^{1*}, M.N. Poshanov¹,O.S. Kurmanakyn¹

MODELING SOIL SALINITY USING CONDUCTOMETRY

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

*e-mail: mr.orken@yandex.kz

Soil salinity is one of the key issues contributing to land degradation, particularly in arid and irrigated regions of Central Asia and southern Kazakhstan. This study explores the applicability of the conductometric method as a rapid tool for assessing soil salinity levels based on electrical conductivity (EC) measurements of a water extract. The research focused on sierozem soils from the Shoulder massif in the Turkistan region, which are characterized by varying degrees of salt accumulation. A total of 76 soil samples were collected from depths up to 1 meter, and water extracts were prepared in a 1:5 soil-to-water ratio. Measurements were carried out using a calibrated FieldScout Direct Soil EC Meter (CTS 50C). Based on the obtained data, soil salinity classification was performed according to the international standards by Richards (1954) and FAO. EC values ranged from 0.254 to 15.420 mS/cm, covering the spectrum from non-saline to highly saline soils. Five types of regression models were developed and compared: linear, logarithmic, power, second-degree polynomial, and third-degree polynomial. The third-degree polynomial model demonstrated the highest accuracy ($R^2 = 0.947$; $MSE = 0.034$). ANOVA confirmed the statistical significance of the influence of EC on salt content ($p < 0.001$). The resulting models can be applied for rapid salinity diagnostics, soil zoning, and reclamation planning.

Keywords: soil salinity, electrical conductivity, conductometry, regression analysis, mathematical modeling, rapid assessment method.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

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

2. Базарбаев Султан Оразбаевич – младший научный сотрудник отдела агрохимии, PhD, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-8786-3738>, e-mail: sultan-13_01@mail.ru,

3. Жандыбаев Оркен Серпинулы – младший научный сотрудник отдела агрохимии, магистр сельскохозяйственных наук, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8544-8992>, e-mail: mr.orken@yandex.kz

4. Пошанов Максат Нурбаевич - заведующий отделом мелиорации засоленных почв, PhD, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0180-5359>, e-mail: maksat_90.okkz@mail.ru

5. Құрманәкын Олжас Серікұлы – инженер-аналитик отдела агрохимии, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-2810-2124>, e-mail: k.oljas.s@mail.ru,

MFTAP 68.05.01

DOI: 10.51886/1999-740X_2025_3_45

М.Н. Пошанов^{1*}, Р.Х. Рамазанова¹, С.Н. Дүйсеков¹, Н.С. Әсімжанов¹, З.А. Зәріп¹
КӨКСАРАЙ СУ ҚОЙМАСЫНА ІРГЕЛЕС ЖАТҚАН ЖЕРЛЕРДІҢ АГРОХИМИЯЛЫҚ
ЖӘНЕ ТОПЫРАҚ-МЕЛИОРАЦИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЫН ҒАЖ АРҚЫЛЫ ЖӘНЕ
ДАЛАЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕР НЕГІЗІНДЕ БАҒАЛАУ

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

**e-mail: maksat_90.okkz@mail.ru*

Аңдатпа. Бұл мақалада Көксарай су қоймасының ауыл шаруашылығы жерлерінің жағдайына, әсіресе топырақ құнарлылығы мен экожүйелерге тигізетін кешенді әсері қарастырылған. Зерттеу жұмысының мақсаты – Көксарай су қоймасына іргелес аумақтағы топырақтың агрохимиялық көрсеткіштері мен мелиоративтік жағдайын анықтап, кейіннен жерді ұтымды пайдалану және ауыл шаруашылығына енгізу бойынша ғылыми негізделген ұсыныстар әзірлеу. Зерттеу барысында Түркістан облысының Отырар ауданындағы Шәуілдір суармалы алқабының оңтүстік бөлігінде топыраққа кешенді агрохимиялық зерттеулер жүргізілді. Далалық және зертханалық әдістер (агрохимиялық талдау, GPS, спутниктік деректер, NDVI индексі талдау) қолданылды. Нәтижелер 0-20 см, 20-50 см және 50-100 см тереңдіктердегі топырақтың тұздану деңгейі айтарлықтай екенін көрсетті. Атап айтқанда, 0-20 см тереңдікте өте қатты тұзданған топырақтар 42,4%-ды, 20-50 см тереңдікте 70,5%-ды, ал 50-100 см тереңдікте 96,0%-ды құрайды. Бұл аумақтың басым бөлігінде шұғыл мелиорациялық шаралардың (тұзды шаю, дренаж жүйелерін салу, тұзға төзімді дақылдарды енгізу) қажет екенін көрсетеді. Мақалада топырақ құнарлылығын, соның ішінде гумус мөлшерін, азот, фосфор және калий мөлшерін талдау нәтижелері де ұсынылған. Көптеген учаскелерде гумус пен азот деңгейі төмен, ал фосфор мен калийдің жағдайы біршама қолайлы болып шықты.

Түйінді сөздер: топырақ, тұздану, құнарлылық, картограмма, тұздану картасы.

КІРІСПЕ

Су қоймаларын салу – адамның табиғатқа ауқымды араласуының айқын мысалы. Олар энергетика, ирригация, су көлігі, сумен қамту және тасқынмен күрес сияқты шаруашылық мақсаттарға қызмет еткенімен, қоршаған ортаға бірқатар теріс әсер етеді. Қоймалар салынғанда кең аумақтарды су басып, батпақтанады. Жағалауларда көшкіндер мен шөгінділер пайда болып, топырақтар тұзданады. Жергілікті метеорологиялық режим өзгереді. Балықтар мен басқа да су организмдерінің тіршілік ортасы бұзылып, өзендердің гидрологиялық режимі түбегейлі өзгереді, әсіресе аридті аймақтарда. Ірі су қоймалары топыраққа елеулі кері әсер етеді. Олар жер асты сулары деңгейін көтеріп, топырақтың гидроморфизмі мен батпақтануын күшейтеді,

аэрациясын төмендетеді, бұл өсімдік жамылғысының өзгеруіне әкеледі. Жағалауда топырақтың физикалық-химиялық қасиеттері нашарлап, құрғақ климатта қайталама тұздану жүреді. Батпақтанған жерлерде экожүйелер деградациясы байқалуы мүмкін. Нәтижесінде, жерлерді су басу құнарлы топырақты жоғалтуға, экожүйелердің бұзылуына және жергілікті климаттың өзгеруіне соқтырады [1, 2].

Ғалымдардың зерттеуінде Каттакорган су қоймасының топыраққа негізгі әсері салыстырмалы түрде аз екенін және тұздардың жинақталуымен, топырақтың физикалық-механикалық қасиеттерінің өзгеруімен шектелетінін қорытындылаған. Мелиоративтік жағдайы қанағаттанғысыз топырақ алқабының ұлғаюына қарамастан, су қоймасының топырақтың жалпы жағ-

дайына әсері шешуші емес. Сондай-ақ, жерасты суларының жату деңгейі мен минералдануына әсер ететін негізгі фактор су қоймасының қызметі мен суару процесі екені анықталды. Нәтижесінде, жерасты суларының минералдану деңгейі мен олардың жату тереңдігі өзгереді, бұл зерттелетін топырақтардың мелиоративтік жағдайына біртіндеп әсер етеді [3].

Су қоймалары, Габороне сияқты, жер асты суларының сапасы мен деңгейіне ықпал етеді. Олар су деңгейін көтерумен қатар, жерүсті суларының сіңуі арқылы ластануға әкелуі мүмкін. Изотоптық деректер мұны растайды. Жер асты суларының гидродинамикасы мен сапасын анықтайтын басты факторлар – геология және гидрогеология. Тиімді басқару үшін олардың біртекті еместігін, гидрогеологиялық ерекшеліктерін және жергілікті жер пайдалануды ескеру қажет. Ластануларды ерте анықтау және олардың динамикасын түсіну үшін тығыз мониторинг маңызды. Су қоймаларын реттеу жер асты сулары мен топырақ ылғалдылығына айтарлықтай әсер етеді. Олар судың топыраққа сіңуін азайтып, булануды өзгертеді. Қоймаларға жақын жерлерде, әсіресе өзен жайылмаларында, топырақ ылғалдылығы мен жер асты суларының деңгейі жоғарылайды. Су қоймалары жыл бойы су ағынын қайта бөліп, жоғары ағынды азайтып, төменгі ағынды арттырады. Бұл ойпаттардағы топырақты ылғалдандырып, сіңуді төмендетіп, беттік булануды күшейтеді. Зерттеулер қоймалар әсерінің ірі жерүсті ағынынан гөрі, булану және жер асты суларын толықтыру сияқты жергілікті процестерде көбірек байқалатынын көрсетті. Бұл әсер, әсіресе жер асты сулары терең емес аудандарда айқын көрінеді [4, 5].

Заманауи ГАЗ (геоақпараттық жүйелер) технологияларының топырақтану мен агрохимиядағы қолданылуы, топырақ деректерін жинақтау,

сақтау, талдау және картографиялау үшін олардың әлеуетін ашады. Ғарыштық суреттер, GPS деректері және агрохимиялық көрсеткіштерді біріктіру арқылы топырақтың құнарлылығы мен мелиоративтік жағдайының кеңістіктік өзгермелілігін бағалау әдістерін сипаттауға мүмкіндік береді. Ғалымдардың зерттеулерінде агрохимиялық және мелиоративтік зерттеулерге инновациялық тәсілдерді енгізуге, сондай-ақ алынған нәтижелерді визуализациялау мен ұсынуға мүмкіндік береді [6].

Тұзданған топырақтарды қашықтықтан зондтау принциптерін түсіну үшін ғалымдардың зерттеулерінде ғарыштық суреттерді пайдалана отырып, тұздануды анықтау мен картаға түсірудің әртүрлі әдістерін мұқият жүйелеуді, топырақ бетінің тұздардың әсерінен шағылысу қабілетінің өзгеруіне негізделген спектрлік тәсілдерге ерекше назар аударады. Және де тұздануды анықтау үшін электромагниттік спектрдің (көрінетін, жақын, орташа және термиялық ИК) әртүрлі диапозондарының тиімділігі егжей-тегжейлі талданады, сондай-ақ өсімдіктер мен ылғалдылық сияқты факторлардың алынған деректердің дәлдігіне әсері сыни тұрғыдан бағаланады. Зерттеу сонымен қатар жерді қашықтықтан зондтау әдістерінің негізгі шектеулерін көрсетеді және болашақ зерттеулер үшін негізгі бағыттарды белгілейді, бұл оны ғарыштық суреттер арқылы тұздануды бағалауды зерттейтін кез келген адам үшін таптырмас бастапқы нүкте етеді [7].

Құрғақ және жартылай құрғақ аймақтардағы тұзданған топырақтарды картаға түсіру үшін Landsat OLI спутниктік деректерін практикалық қолдануды, Landsat деректері бойынша есептелген спектрлік индекстер мен жер үсті учаскелерінде өлшенген тұздану деңгейі арасындағы байланысты ғалымдар зерттеген. Тұзданудың әртүрлі спектрлік индекстерін (Salinity

Indices – SI), сондай-ақ өсімдік индекстерін (мысалы, NDVI) қолдануды сипаттайды, себебі өсімдіктер көбінесе тұзданудың индикаторы болып табылады. Нәтижелер әртүрлі спектрлік арналар мен индекстердің үйлесімі тұздануды картаға түсіру дәлдігін арттыра алатынын көрсетеді. Мультиспектрлік деректер негізінде тұздануды картаға түсірудің ең кең таралған және қолжетімді тәсілдерінің бірін жақсы көрсетеді [8].

Көксарай су қоймасы айналасындағы топырақтардың жағдайын бағалаудағы кешенділігімен, нақты аймақтық мәселені терең зерттеуімен және жерді пайдаланудың жаңа аспектілерін ашуымен ұқсас жұмыстардан ерекшеленіп, ғылыми және практикалық маңыздылығымен құнды болып табылады.

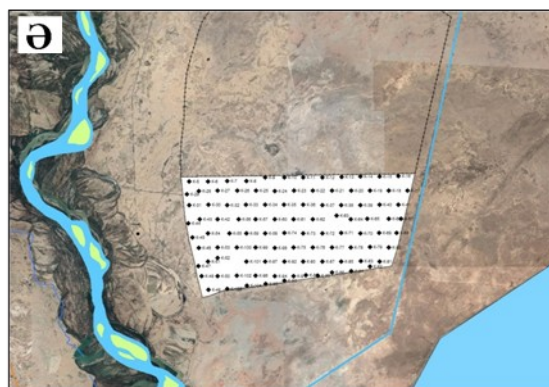
Зерттеу мақсаты – Көксарай су қоймасына іргелес аумақтағы топырақтың агрохимиялық көрсеткіштері мен мелиоративтік жағдайын анықтап, кейіннен жерді ұтымды пайдалану және ауыл шаруашылығына енгізу бойынша ғылыми негізделген ұсыныстар әзірлеу.

ЗЕРТТЕУ НЫСАНЫ МЕН ӘДІСТЕРІ

Зерттеу нысаны. Зерттеу нысаны – Шәуілдір суармалы алқабының оңтүстік бөлігінің (Отырар ауданы, Түркістан облысы) топырақ жамылғысы. Ол Көксарай су қоймасынан

солтүстік-батысқа қарай 5 км жерде орналасқан, және зерттелетін учаскенің аумағы Сырдария өзеніне дейін жетеді. Бұл орналасу зерттеулер жүргізу және аумақты игеру жөніндегі іс-шараларды әзірлеу кезінде ескерілуі тиіс маңызды географиялық және гидрологиялық жағдайларды көрсетеді. Зерттеу нысанының координаттары: бойлық 68,334988, ендік 42,510868 (1-сурет).

Көксарай су қоймасы – Қазақстанның Түркістан облысы аумағында, Сырдария өзені арнасының оң жағында, Шардара су қоймасынан 160 шақырым төмен орналасқан су қоймасы. 2008-2011 жылдары салынған. Ирригация және су тасқынынан қорғау үшін ағынды маусымдық реттеуді жүзеге асырады. Шардара су электр станциясының контррегуляторы болып табылады. Су қойманың жобалық көлемі – 3 миллиард текше метр, акваториясының ауданы – 46745 га, арналық бетонды бөгеттің су шығыны – 1800 текше метр/сек, ұзындығы 16 км болатын су әкелетін арнаның өткізу қабілеті – 500 текше метр/сек. Су қойма бөгетінің ұзындығы 44,7 км, орташа биіктігі – 7,7 м, өткізу қабілеті 500 текше метр/сек болатын ұзындығы 10,2 км су бұру арнасы бар [9].



Сурет 1 – Зерттеу нысанының орналасу схемасы (А) және топырақ үлгілерін алу, нүктелері (Ә)

Зерттеу аумағының басым бөлігі жайылым ретінде пайдаланылады. Суармалы егістіктер негізінен Арыс және Бөген өзендерінің арнасының аумағында орналасқан.

Топырақ жамылғысының қалыптасуының жалпы биоклиматтық жағдайлары оның Батыс Тянь-Шань мен Қаратау жотасының тік аймақтылығы спектріндегі бірінші сатысы болып табылатын аласа шөпті жартылай саванналардың тау етегі аймағына тән болуымен анықталады.

Зерттеу әдістері. Зерттеу дәстүрлі жер үстілік далалық зерттеулерді (топырақ кесінділерін жасау, үлгілерді алу, агрохимиялық талдау) заманауи ғарыштық және геоақпараттық технологиялармен (ГАЗ, GPS, спутниктік деректер, NDVI индексін талдау) үйлестіреді. Бұл интеграция топырақ жағдайының кеңістіктік өзгергіштігін нақты әрі ауқымды бағалауға мүмкіндік береді.

Зерттеулер дәстүрлі жерүсті және ғылымды қажет ететін спутниктік және геоақпараттық технологиялар әдістерін қолдану арқылы жүргізілді.

Қойылған міндеттерді шешу үшін топырақты кешенді зерттеудің жеткілікті кең тараған және жақсы апробациядан өткен әдістері қолданылды. Әдіснамалық тұрғыдан біз қазіргі заманғы генетикалық топырақтанудың топырақ туралы өте күрделі жүйе ретіндегі ұғымына негізделді.

Далалық жағдайларда топырақтарды сипаттау, олардың морфологиялық белгілерін зерттеу және талдауларға арналған үлгілерді алу үшін әдістемеге сәйкес кескіндер салынды. Зерттеу жұмысының міндеттерін іске асыру барысында зерттеу нысаны аумақтарына жерүсті тексеру жүргізу арқылы топырақтың толық сипаттамасын алу үшін тұздану және топырақ-агрохимиялық түсірілімдер жүргізілді.

Зерттеу дәстүрлі жерүсті әдісімен жүргізілді, ұңғымаларды бұрғылау және топырақ үлгілерін үш есептік тереңдіктен: 0-20, 20-50 және 50-100 см алу арқылы жүргізілді. Далалық жұмыстар топырақтың тұздануын зерттеуге арналған ең жаңа жабдықтарды және жаһандық позициялау жүйелерін пайдалана отырып жүргізілді. Топырақ контурларын спутниктік суреттерге сәйкес нақтылау үшін Garmin 18 жаһандық позициялау жүйесін (GPS) қолдандық, ал қазба нүктелерінің координаттарын анықтау үшін Garmin 62s GPS-навигаторын пайдаландық. Жерүсті зерттеу жұмыстары [10] әдістемесіне сәйкес жүргізілді. Үлкен масштабты топырақ зерттеу жүргізуде және ғарыштық әдістерді қолдануда Д. Руховичтің [11] және М. Конюшкованың [12] әдістемелерін қолдалынды. Топырақтың заттық-химиялық құрамын, яғни ондағы химиялық элементтер мен қосылыстардың мөлшерлік арақатынасын айқындау мақсатында, жалпы талдау нұсқаулықтарында ұсынылған аналитикалық әдістемелер қолданылды. Аталған нұсқаулықтар бұл талдауларды орындаудың теориялық негіздері мен практикалық әдістерін қамтамасыз етеді [13-16].

ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ

Зерттеу нәтижелері топырақ тұздануының, гумус пен азоттың мөлшерінің төмендігінің нақты көрсеткіштерін ұсына отырып, осыған негізделген кешенді мелиорациялық шаралардың (сумен шаю, дренаж жүйелері, тұзға төзімді дақылдарды өсіру, органикалық және минералды тыңайтқыштарды қолдану) қажеттілігін дәлелдейді. Бұл ұсыныстар жергілікті жағдайға бейімделген және ауыл шаруашылығын тұрақты дамытуға бағытталған. Осыған ұқсас зерттеулерде жалпы ұсыныстар берілуі мүмкін, бірақ бұл жұмыстағы нақты

сандық деректерге негізделген ұсыныстар практикалық қолданыстағы жаңалығымен ерекшеленеді.

Топырақ-мелиорациялық зерттеулерді жүйелі түрде жүргізу топырақ құнарлылығының жағдайын және оның өзгеру процестерінің бағытын бақылаудың таптырмас құралы болып табылады. Ол үшін сү сүзіндісі құрамы бойынша аналитикалық деректерді қолдана

отырып, топырақтың тереңдік қабаттары бойынша улы тұздардың «жиынтық әсерінің» шамалары есептелді және топырақтар тұздану дәрежесі бойынша топтастырылды. Әрі қарай, зерттелген жалпы аумақтан тұздану дәрежесі бойынша топырақтың әр тобының үлесін бағалау үшін алынған деректер 1-кестеге жинақталды.

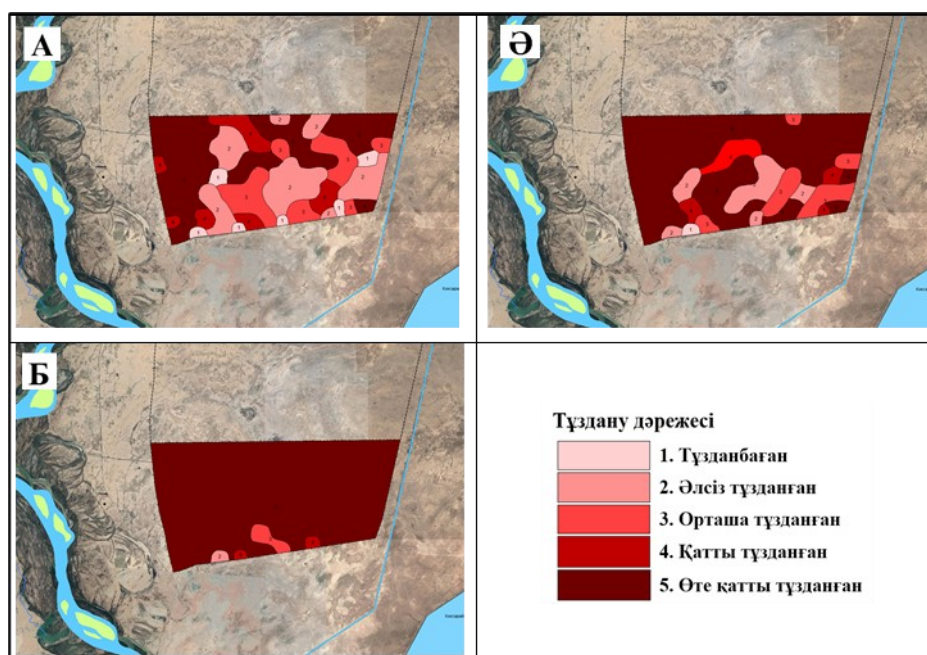
Кесте 1 – Зерттелген аумақтың тұздану дәрежесі бойынша (тереңдіктер бойынша) әртүрлі топырақ топтарының таралуы және олардың ауданы

Тұздану дәрежесі	Тереңдік, см					
	0-20		20-50		50-100	
	га	%	га	%	га	%
Тұзданбаған	213,8	4,3	35	0,7	-	-
Әлсіз тұзданған	1275,4	25,5	552,2	11	35	0,7
Орташа тұзданған	862,9	17,3	537,5	10,8	108,6	2,2
Қатты тұзданған	528,6	10,6	352,5	7	55,4	1,1
Өте қатты тұзданған	2119,3	42,3	3523	70,5	4801	96
Барлығы	5000	100	5000	100	5000	100

Зерттеу аумағындағы топырақтың тұздану дәрежесіне талдау жасалды. Нәтижелерге сәйкес, жалпы ауданның 4,3% тұзданбаған, 25,5% әлсіз, 17,3% орташа, 10,6% қатты тұзданған топырақтарға тиесілі. Ең үлкен аумақты – 42,4% – өте қатты тұзданған топырақтар алып жатыр, олар шұғыл мелиорациялық шараларды қажет етеді. Бұл топырақтардың құнарлылығы мен ауылшаруашылық өнімділігін сақтау үшін маңызды. Жоғарыда айтылғандардан, аумақтың 29,8%-ы (тұзданбаған және әлсіз тұзданған топырақтар) ауыл шаруашылығында ерекше қауіпсіз пайдалануға мүмкіндік беретін жағдайда екені көрінеді. Алайда, аумақтың едәуір бөлігі (70,2%) орташа, қатты және өте

қатты тұздануға ұшыраған, бұл тиісті мелиоративтік іс-шараларды жүргізбестен учаскенің ауыл шаруашылығы әлеуетін айтарлықтай төмендетуі мүмкін. Қатты және өте қатты тұзданған учаскелерде мелиоративтік іс-шаралар кешенін, соның ішінде жуу, дренаж жүйелері және тұздануға төзімді дақылдарды пайдалану қажет (2-сурет).

Тұздану деңгейіне тұрақты мониторинг жүргізу тәуекелдерді тиімді басқаруға және топырақ сапасының одан әрі нашарлауын болдырмауға мүмкіндік береді. Бұл деректер аумақтың едәуір бөлігіндегі топырақ жағдайын жақсарту үшін мелиоративтік іс-шаралардың қажеттілігін көрсетеді.



Сурет 2 – Топырақ қабаттары бойынша тұздану карталары
(А 0-20 см, Ә 20-50 см, Б 50-100 см)

Зерттеу аумағындағы 20-50 см тереңдіктегі топырақ тұздануына жасалған талдауға сәйкес, ауданның басым бөлігі (70,5%) өте қатты тұзданған. Қалған бөлігінде тұзданбаған топырақтар 0,7%, әлсіз тұзданған 11,0%, орташа тұзданған 10,8% және қатты тұзданған 7,0% құрайды. Тұзданбаған және әлсіз тұзданған топырақтардың үлесі бар болғаны 11,7% болғандықтан, аймақта ауыл шаруашылығын дамыту үшін ауқымды мелиорациялық жұмыстар қажет. Аумақтың 70,5%-ын қамтитын өте қатты тұзданған топырақтар (2-сурет). Агротехникалық іс-шараларды уақытылы түзету және топырақ құнарлылығын сақтау үшін тұздану деңгейіне тұрақты мониторинг жүргізу қажет. Мұндай шаралар топырақ жағдайын жақсарту және оның ауыл шаруашылығы өнімділігін арттыру үшін қажет.

Зерттелген аумақтың 50-100 см тереңдігінде тұзданбаған топырақтар мүлдем жоқ, (орташа, қатты және өте қатты тұзданған топырақтар) 97,1%-ы

әртүрлі тұздану деңгейлеріне ие, бұл кешенді мелиорациялық іс-шараларды жүргізуді талап етеді. Өте қатты тұздану (96,0%) топырақ өнімділігін қалпына келтіру үшін шұғыл араласудың қажеттілігін көрсетеді. Топырақты шаю, дренаж және тұзға төзімді дақылдарды пайдалануды қамтитын мелиорация бағдарламасын әзірлеу қажет.

Қабылданған шаралардың тиімділігін бақылау үшін 50-100 см тереңдіктегі топырақ жағдайына және тұздану динамикасына тұрақты мониторинг жүргізу қажет. Тұзданумен байланысты мұндай жағдай ауыл шаруашылығы өнімділігіне айтарлықтай әсер етуі мүмкін және құнарлылықты қалпына келтіру үшін елеулі күш-жігерді талап етеді.

Тұздану деңгейі әртүрлі топырақтарды ауыл шаруашылығында пайдалану мүмкін, алайда ол ерекше тәсілді және мелиорациялық шараларды қолдануды талап етеді.

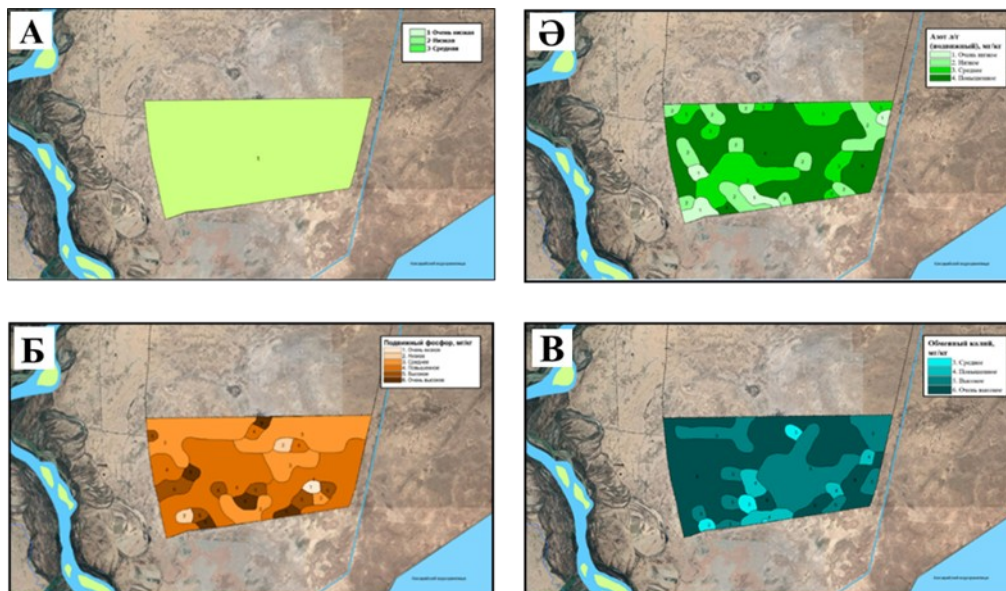
Осылайша, бұл топырақтарды ауыл шаруашылығында пайдалану тұз-

данудың әрбір түріне жеке тәсілді қажет етеді. Табысты нәтижелерге қол жеткізу үшін топырақ құнарлығын қалпына келтіруге және сақтауға ықпал ететін мелиорациялық және агрономиялық шараларды әзірлеп, енгізу маңызды.

Зерттелген аумақтың топырақ құнарлылығы көрсеткіштерін анықтау үшін агрохимиялық зерттеу жүргізілді. Топырақтың гумустық жағдайы динамикалық екені белгілі – гумустың түзілу және минералдану процестері үнемі жүреді. Олардың қарқындылығы мен бағыты табиғи топырақ түзілу факторларынан басқа, ұсынылған аймақтық егіншілік жүйелерінің сақталуына, егіншілік мәдениетінің жалпы

деңгейіне, яғни егістік жерлердің гумустық жағдайы топырақ құнарлылығының тұрақты мониторингтеуге жататын маңызды факторларының бірі болып табылады.

Зерттелген барлық аумақтағы гумус мөлшеріне талдау нәтижелері бойынша гумус деңгейі өте төмен топырақтар анықталды, бұл құнарлылықтың 1-тобына сәйкес келеді. Мұндай топырақтар деградацияланған және дегумификацияланған болып саналады. Гумустың төмен мөлшері топырақ сапасының айтарлықтай нашарлағанын көрсетеді, бұл оның өсімдіктердің өнімділігін сақтау қабілетін және эрозияға төзімділігін төмендетеді.



Сурет 3 – Зерттеу нысаны топырақтарының агрохимиялық көрсеткіштерінің картограммалары (А-гумус, Ә-жеңіл ыдырайтын азот, Б-жылжымалы фосфор, В-алмаспалы калий)

Зерттеу нысанындағы азоттың мөлшері оның концентрация деңгейіне байланысты аумақ бойынша өзгеріп отырады. Азоттың өте төмен мөлшері 322,6 га жерді құрайды, бұл жалпы аумақтың 6,5%-ын құрайды. Бұл учаскелерде топырақтағы азоттың аз мөлшерде екенін білдіреді, бұл құнар-

лылықты арттыру үшін азот тыңайтқыштарын қарқынды енгізуді талап етуі мүмкін. Азоттың төмен мөлшері 913,4 га жерде байқалады, бұл жалпы аумақтың 18,3%-ын құрайды. Мұнда да азоттың мөлшерін арттыру бойынша агротехникалық іс-шаралар жүргізу қажет.

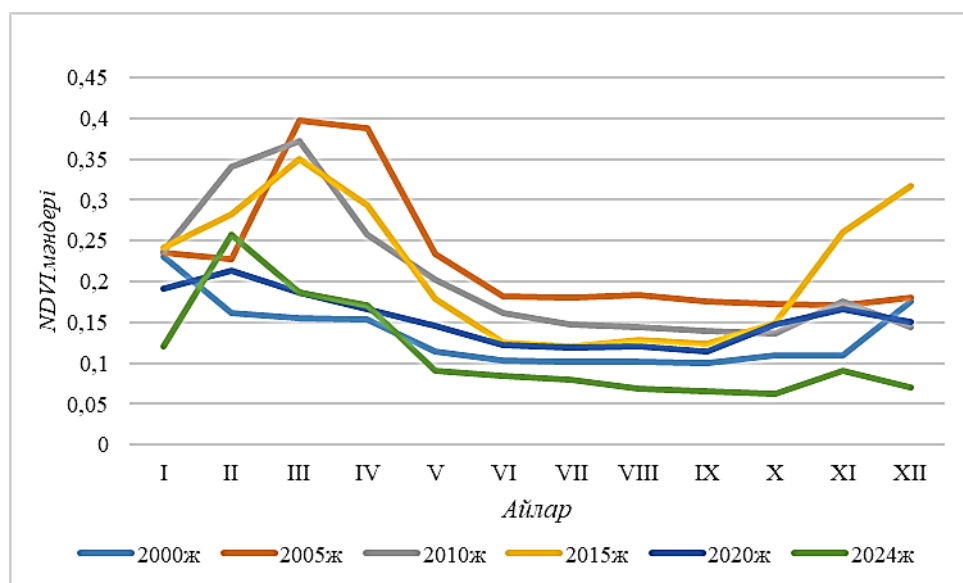
Аумақтың негізгі бөлігінде (44,4%) фосфордың мөлшері жоғары, бұл ауыл шаруашылығы дақылдары үшін қолайлы. Алайда, фосфордың өте төмен және төмен мөлшері бар шағын учаскелер (0,9% және 2,1%) топырақтағы фосфор деңгейін арттыру үшін агротехникалық іс-шараларды талап етеді. Фосфор деңгейі төмен учаскелерге құнарлылықты жақсарту үшін фосфор тыңайтқыштарын енгізу қажет. Фосфор мөлшерін үнемі бақылау топырақ құнарлылығын жоғары деңгейде ұстап тұру үшін ауыл шаруашылығы іс-шараларын уақтылы түзетуге көмектеседі.

Зерттелетін аумақтың басым бөлігінде (90,2%) калийдің мөлшері жоғары немесе өте жоғары, бұл ауыл шаруашылығы өндірісі үшін тамаша көрсеткіш болып табылады. Калийдің орташа және жоғары мөлшері бар шағын учаскелерде (3,0% және 6,8%) де тыңайтқыш енгізу бойынша шұғыл шаралар қажет емес, бірақ жоспарланған дақылдарға байланысты оңтайландыру жүргізуге болады. Калийдің төмен деңгейі кездеспесе де, өсімдіктердің артық қоректенуін болдырмау және максималды өнімділікке жету үшін азот, фосфор және калийдің дұрыс арақатынасын қамтамасыз ету үшін қоректік заттар теңгерімін қадағалау қажет.

Топырақ деградациясының әртүрлі түрлерін – эрозия, тұздану, органикалық заттың азаюын – қашықтықтан зондтау және ГАЗ (Геоакпараттық жүйелер) көмегімен тиімді бағалауға болады. NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – деградацияның маңызды индикаторы. Деградацияланған топырақтарда өсімдіктердің өсуі нашарлап, NDVI мәндері төмендейді. Жер үстілік топырақ сынамалары арқылы деградация деңгейін анықтап, оны NDVI карталарымен салыстыру кең аумақтардағы деградация процестерін бақылауға мүмкіндік береді.

Ғалымдар топырақ деградациясын басқаруда қашықтықтан зондтау мен ГАЗ технологияларының, соның ішінде NDVI-дің маңызын зерттеді. Олар топырақ денсаулығының негізгі көрсеткіштері (органикалық зат, ылғалдылық, қоректік заттардың қолжетімділігі) өсімдіктердің өсуіне тікелей әсер ететінін, бұл NDVI арқылы бақыланатынын көрсетті. Жер үстілік деректерді (мысалы, топырақ сынамаларынан алынған) ғарыштық деректермен біріктіру арқылы топырақ денсаулығының кеңістіктік өзгергіштігін анықтап, оған сәйкес басқару шешімдерін қабылдауға болады [17, 18].

Зерттеуде келтірілген NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) мәндері әртүрлі жылдар бойынша (2000, 2005, 2010, 2015, 2020, 2024) айлар бойынша келтірілген, айқын көрінетін маусымдық та, елеулі жылдық өзгерістер де анық байқалады. Маусымдық динамика әдеттегідей: NDVI көктемде өсім көрсетеді, жаз айларында ең жоғары мәндерге жетеді (кейбір жылдары ең жоғары мән ығысуы немесе аз көрінуі мүмкін, мысалы 2000 жылы мамыр айының мәндері сәуір айынан төмен болды), содан кейін күзде төмендеу байқалады және қыста (қаңтар-ақпан) ең төменгі мәндерге жетеді, бұл өсімдіктердің вегетациялық циклдарын көрсетеді. Мысалы, 2005 жылы наурыз-сәуір айлары жоғары мәндерді (0,398 және 0,388) көрсетсе, шілде-тамыз айлары салыстырмалы түрде жоғары деңгейлерді (0,181 және 0,184) ұстап тұрады. Жылдық өзгерістер NDVI-дің ең жоғары мәндерінің көбінесе 2005-2015 жылдар аралығына келетінін көрсетеді, мысалы, 2005 жылдың наурызында (0,398) немесе 2015 және 2020 жылдың қараша желтоқсанында (0,227 және 0,317), бұл сол жылдары өсімдіктер үшін қолайлы жағдайлар болғанын көрсетуі мүмкін және су қоймаға су жиналған кезеңнен кейін әсері деп бағалауға болады.



Сурет 4 – NDVI мәндерінің жалпы сипаттамасы және жылдық өзгерістері

Алайда, ең айқын жылдық үрдіс – 2024 жылы NDVI мәндерінің алдыңғы кезеңдермен салыстырғанда, барлық дерлік айларда айтарлықтай төмендеуі. Мысалы, 2024 жылдың шілдесіндегі мән 0,079-ды құрайды, бұл 2005 жылдың шілдесіндегі 0,181 немесе 2020 жылдың шілдесіндегі 0,119-дан едәуір төмен. Осыған ұқсас төмендеу мамыр (2024 жылы 0,09, 2020 жылы 0,146-ға қарсы) және қазан айларында (2024 жылы 0,063, 2020 жылы 0,148-ге қарсы) байқалады. 2024 жылғы NDVI бойынша алынған деректер, бұрынғы кезеңдермен салыстырғанда мәндердің айтарлықтай төмендегенін көрсететін болса, бұл, атап айтқанда, бұрын пайдаланылмаған немесе тыңайған жерлерді егістік жерлерге белсенді түрде игеру мен айналдырудың басталуымен түсіндірілуі мүмкін.

Бұл дегеніміз, осы индекстер есептелген аумақта 2024 жыл ішінде егістік алқаптарды ауыл шаруашылығында пайдалануға дайындау бойынша ауқымды жұмыстар жүргізілген себептен. Мұндай процесс NDVI көрсеткішіне сөзсіз әсер ететін бірқатар іс-шараларды қамтиды. Егістік жұмыстарын бастамас бұрын, арамшөптермен, бұта-

лар өскен учаскелер механикалық тазалауға ұшырайды. Бұл бар өсімдік биомассасын жоюға әкеледі, бұл NDVI көрсеткішінің күрт төмендеуімен бірден көрінеді, өйткені бұл индекс өсімдік жамылғысының тығыздығы мен жасыл массасын тікелей көрсетеді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Зерттеу нәтижелері Коксарай су қоймасына іргелес аумақтың топырақ-мелиоративтік және агрохимиялық жағдайы күрделі екенін көрсетті. Профиль бойынша жүргізілген талдаулар (0–20 см, 20–50 см және 50–100 см) аумақтың басым бөлігінде орташа, қатты және өте қатты тұздану байқалатынын көрсетті. Әсіресе 50–100 см қабатта тұзданудың жоғары деңгейі (96,0%) анықталып, бұл жағдай ауыл шаруашылығында жерді пайдалану мүмкіндігін айтарлықтай шектейді.

Гумус мөлшерінің өте төмендігі топырақтардың дегумификация процесіне ұшырағанын көрсетеді және бұл олардың агрономиялық сапасының нашарлауына, өсімдік өнімділігінің төмендеуіне, эрозияға бейімділігінің артуына себеп болады. Азоттың және фосфордың төмен деңгейі де топырақтың қоректік құндылығы жеткіліксіз

екенін дәлелдейді, бұл өнім алу үшін қосымша тыңайтқыш енгізуді талап етеді.

Калийдің жоғары мөлшері топырақтың бұл элемент бойынша жеткілікті қамтамасыз етілгенін көрсетеді, алайда басқа макроэлементтермен арақатынасты реттеу маңызды. NDVI индексінің жылдық және маусымдық динамикасы арқылы өсімдік жамылғысының уақыт бойынша өзгеруі, ал 2024 жылғы көрсеткіштердің күрт төмендеуі – бұл жерлерде ауыл шаруашылығы мақсатында игеру жұмыстары басталғанының белгісі ретінде түсіндіріледі.

Осы деректер негізінде мынандай қорытындылар мен ұсыныстар жасалды:

Тұздану дәрежесі жоғары учаскелерде комплексті мелиорациялық шаралар (жуу, дренаж жүйелері, агротехникалық әдістер) жедел түрде жүргізілуі қажет;

Тұзға төзімді ауыл шаруашылығы дақылдарын енгізу ұсынылады;

Топырақтың қоректік жағдайын жақсарту үшін азот және фосфор тыңайтқыштарын енгізу керек;

Гумус деңгейін арттыру мақсатында органикалық тыңайтқыштарды қолдану және топырақ құрылымын қалпына келтіру шаралары қажет;

NDVI динамикасы негізінде вегетациялық бақылау жүргізіп, жерді пайдаланудың экологиялық әсерін бағалау ұсынылады;

Тұздану мен құнарлылыққа тұрақты мониторинг жүргізу - басқару шешімдерін қабылдау үшін міндетті шарт.

Жалпы алғанда, зерттелген аумақтың топырақтарын тиімді әрі тұрақты пайдалану үшін олардың морфологиялық және агрохимиялық ерекшеліктеріне бейімделген дараланған тәсіл қажет. Бұл зерттеу мәліметтері Коксарай су қоймасы маңындағы жерлердің топырақтарын қалпына келтіру мен аграрлық әлеуетін арттыру үшін ғылыми негізделген практикалық шешімдер ұсынуға мүмкіндік береді.

Зерттеу жұмысы BR22885097 ҚР АШМ БНҚ 2024-2026 жж. «Топырақ құнарлылығын сақтау мен қалпына келтірудің жаңа тәсілдері негізінде қарқынды егіншілікте ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлерді тиімді пайдалануды қамтамасыз ету» ғылыми-техникалық бағдарламасының материалдары бойынша орындалды.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Стародубцев В.М. Влияние водохранилищ на почвы. – Алма-Ата: Наука, 1986. – 296 с.
2. Горбачев В. Н., Бабинцева Р. М., Карпенко Л. В., Карпенко В. Д. Негативное влияние крупных водохранилищ на окружающую среду// Ульяновский медико-биологический журнал. 2012. № 2. – С. 45–52.
3. Абдуллаев С. А., Жаббаров З. А., Турсункулова А. Б., Околелова А. А., Холдоров Ш. М. Изменение мелиоративного состояния почв, распространённых вокруг Каттакурганского водохранилища// Живые и биокосные системы. 2019. - № 28. DOI: 10.18522/2308-9709-2019-28-7.
4. Geris J., Comte J.-C., Franchi F., Petros A. K., Tirivarombo S., Selepeng A. T., Villholth K. G. Surface water-groundwater interactions and local land use control water quality impacts of extreme rainfall and flooding in a vulnerable semi-arid region of Sub-Saharan Africa// Journal of Hydrology. – 2022. – Vol. 609. – P. 127834.
5. WeiWei J., Dong N., Fersch B., Arnault J., Wagner S., Laux P., Zhang Z., Yang Q., Yang C., Shang S., Gao L., Yu Z., Kunstmann H. Role of reservoir regulation and groundwater

feedback in a simulated ground-soil-vegetation continuum: A long-term regional scale analysis// *Hydrological Processes*. – 2021. – Vol. 35, Iss. 8. – P. e14341.

6. Лисицына, Е. М., Кориневская, С. С. Применение ГИС-технологий в почвоведении и агрохимии : учебное пособие. Москва : Юрайт, 2015. - 164 с.

7. Metternicht, G., Zinck, J. A. Remote sensing of soil salinity: potentials and limitations// *Remote Sensing of Environment*. – 2003. – Vol. 85, Iss. 1. – P. 1–20.

8. Allbed, A., Kumar, L., Sinha, P. Mapping soil salinity in arid and semi-arid regions using Landsat OLI imagery// *Geocarto International*. – 2014. – Vol. 29, Iss. 5. – P. 450–463.

9. Жылысбаева, А. Н., Есалиева, З. Р. Коксарайское водохранилище и его влияние на климат// *Актуальные проблемы науки и образования: традиции, инновации, перспективы: материалы Международной научно-теоретической интернет-конференции, Саранск, 30 апр. – 31 мая 2013 г. Саранск, 2013. – С. 215–220.*

10. Wang, N., Xue, J., Peng, J., Biswas, A., He, Y., Shi, Z. Integrating remote sensing and landscape characteristics to estimate soil salinity using machine learning methods: A case study from southern Xinjiang, China// *Remote Sensing*. – 2020. – Vol. 12. – P. 1–21.

11. Рухович, Д. И. Многолетняя динамика засоления орошаемых почв центральной части Мирзачольской степи и методы ее выявления : автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 2009. – 24 с.

12. Конюшкова, М. В. Картографирование почвенного покрова и засоленности почв солонцового комплекса на основе цифрового анализа космической съемки (на примере Джаныбекского стационара) : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 2010. – 23 с.

13. Wei J., Dong N., Fersch B., Arnault J., Wagner S., Laux P., ... Kunstmann H. Role of reservoir regulation and groundwater feedback in a simulated ground-soil-vegetation continuum: A long-term regional scale analysis // *Hydrological Processes*. – 2021. – Vol. 35, Iss. 8. – P. e14341.

14. Zhou, P., Sudduth, K. A., Veum, K. S., Li, M. Extraction of reflectance spectra features for estimation of surface, subsurface, and profile soil properties// *Computers and Electronics in Agriculture*. – 2022. – Vol. 196. – P. 106845.

15. Reeves D.W., McCarty G.W. Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS) for Soil Analysis: Current Status and Future Perspectives // *Soil Chemical Analysis*. – John Wiley & Sons, 2020. – P. 145–168.

16. Viscarra Rossel R. A., Behrens T. *Soil Spectroscopy for Environmental and Agronomic Applications*. CRC Press, 2021. – 448 p.

17. Moharir, K. N., Kumar, N., Kushwaha, R. S. Assessment of soil degradation using remote sensing and GIS techniques: A review// *Journal of Applied and Natural Science*. – 2020. – Vol. 12, Iss. 4. – P. 1184–1191.

18. Kaur R., Singh J. Remote sensing and GIS in soil health management: A review// *Current Science*. – 2021. – Vol. 121, Iss. 9. – P. 1162–1172.

REFERENCES

1. Starodubtsev V.M. *Vliyaniye vodokhranilishch na pochvy*. – Alma-Ata: Nauka, 1986. – 296 s.

2. Gorbachev V. N., Babintseva R. M., Karpenko L. V., Karpenko V. D. Negativnoye vliyaniye krupnykh vodokhranilishch na okruzhayushchuyu sredu// *Ulyanovskiy mediko-biologicheskyy zhurnal*. 2012. № 2. – S. 45–52.

3. Abdullayev S. A., Zhabbarov Z. A., Tursunkulova A. B., Okolelova A. A., Kholdorov Sh. M. *Izmeneniye meliorativnogo sostoyaniya pochvy, rasprostranyonnykh vokrug*

Kattakurganskogo vodokhranilishcha// Zhivye i biokosnye sistemy. 2019. - № 28. DOI: 10.18522/2308-9709-2019-28-7.

4. Geris J., Comte J.-C., Franchi F., Petros A. K., Tirivarombo S., Selepeng A. T., Villholth K. G. Surface water-groundwater interactions and local land use control water quality impacts of extreme rainfall and flooding in a vulnerable semi-arid region of Sub-Saharan Africa// Journal of Hydrology. – 2022. – Vol. 609. – P. 127834.

5. WeiWei J., Dong N., Fersch B., Arnault J., Wagner S., Laux P., Zhang Z., Yang Q., Yang C., Shang S., Gao L., Yu Z., Kunstmann H. Role of reservoir regulation and groundwater feedback in a simulated ground-soil-vegetation continuum: A long-term regional scale analysis// Hydrological Processes. – 2021. – Vol. 35, Iss. 8. – P. e14341.

6. Lisitsyna, Ye. M., Korinevskaya, S. S. Primeneniye GIS-tekhology v pochvovedenii i agrokhimii : uchebnoye posobiye. Moskva : Yurayt, 2015. - 164 s.

7. Metternicht, G., Zinck, J. A. Remote sensing of soil salinity: potentials and limitations// Remote Sensing of Environment. – 2003. – Vol. 85, Iss. 1. – P. 1–20.

8. Allbed, A., Kumar, L., Sinha, P. Mapping soil salinity in arid and semi-arid regions using Landsat OLI imagery// Geocarto International. – 2014. – Vol. 29, Iss. 5. – P. 450–463.

9. Zhylysbayeva, A. N., Yesaliyeva, Z. R. Koksarayskoye vodokhranilishche i ego vliyaniye na klimat// Aktualnye problemy nauki i obrazovaniya: traditsii, innovatsii, perspektivy: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-teoreticheskoy internet-konferentsii, Saransk, 30 apr. – 31 maya 2013 g. Saransk, 2013. – S. 215–220.

10. Wang, N., Xue, J., Peng, J., Biswas, A., He, Y., Shi, Z. Integrating remote sensing and landscape characteristics to estimate soil salinity using machine learning methods: A case study from southern Xinjiang, China// Remote Sensing. – 2020. – Vol. 12. – P. 1–21.

11. Rukhovich, D. I. Mnogoletnyaya dinamika zasoleniya oroshayemykh pochv tsentralnoy chasti Mirzacholskoy stepi i metody eye vyyavleniya : avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. – Moskva, 2009. – 24 s.

12. Konyushkova, M. V. Kartografirovaniye pochvennogo pokrova i zasolennosti pochv solontsovogo kompleksa na osnove tsifrovogo analiza kosmicheskoy syemki (na primere Dzhanibekskogo statsionara) : avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. – Moskva, 2010. – 23 s.

13. Wei J., Dong N., Fersch B., Arnault J., Wagner S., Laux P., ... Kunstmann H. Role of reservoir regulation and groundwater feedback in a simulated ground-soil-vegetation continuum: A long-term regional scale analysis // Hydrological Processes. – 2021. – Vol. 35, Iss. 8. – P. e14341.

14. Zhou, P., Sudduth, K. A., Veum, K. S., Li, M. Extraction of reflectance spectra features for estimation of surface, subsurface, and profile soil properties// Computers and Electronics in Agriculture. – 2022. – Vol. 196. – P. 106845.

15. Reeves D.W., McCarty G.W. Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS) for Soil Analysis: Current Status and Future Perspectives // Soil Chemical Analysis. – John Wiley & Sons, 2020. – P. 145–168.

16. Viscarra Rossel R. A., Behrens T. Soil Spectroscopy for Environmental and Agronomic Applications. CRC Press, 2021. – 448 p.

17. Moharir, K. N., Kumar, N., Kushwaha, R. S. Assessment of soil degradation using remote sensing and GIS techniques: A review// Journal of Applied and Natural Science. - 2020. - Vol. 12, Iss. 4. - P. 1184–1191.

18. Kaur R., Singh J. Remote sensing and GIS in soil health management: A review// Current Science. - 2021. - Vol. 121, Iss. 9. - P. 1162–1172.

РЕЗЮМЕ

М.Н. Пошанов^{1*}, Р.Х. Рамазанова¹, С.Н. Дүйсеков¹, Н.С. Әсімжанов¹, З.А. Зәріп¹
ОЦЕНКА АГРОХИМИЧЕСКОГО И ПОЧВЕННО-МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ
ЗЕМЕЛЬ, ПРИЛЕГАЮЩИХ К КОКСАРАЙСКОМУ ВОДОХРАНИЛИЩУ НА ОСНОВЕ ГИС И
ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

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

e-mail: maksat_90.okkz@mail.ru

В данной статье рассматривается комплексное влияние водохранилищ на состояние сельскохозяйственных земель, особенно на плодородие почв и экосистемы. Цель исследовательской работы – определить агрохимические показатели и мелиоративное состояние почв на территории, прилегающей к Коксарайскому водохранилищу, с последующей разработкой научно обоснованных рекомендаций по рациональному использованию и введению земель в сельскохозяйственный оборот. Проведены комплексные агрохимические исследования почв в южной части Шаульдырского орошаемого массива Отырарского района Туркестанской области. Использованы полевые и лабораторные методы (агрохимический анализ, GPS, спутниковые данные, анализ индекса NDVI). Полученные результаты показали высокую степень засоления почв на глубине 0-20 см, 20-50 см и 50-100 см. В частности, на глубине 0-20 см очень сильно засоленные почвы составляют 42,4%, на 20-50 см – 70,5%, а на 50-100 см – 96,0%. Это указывает на необходимость срочных мелиоративных мероприятий (промывка солей, строительство дренажных систем, внедрение солеустойчивых культур) на большей части данной территории. В статье также представлены результаты анализа плодородия почв, включая содержание гумуса, азота, фосфора и калия. На многих участках содержание гумуса и азота оказалось низким, а фосфора и калия было относительно благоприятным.

Ключевые слова: почва, засоление, плодородие, картограмма, карта засоления.

SUMMARY

M.N. Poshanov^{1*}, R.H. Ramazanova, S.N. Duysekov¹, N.S. Assimzhanov¹, Z.A. Zarip¹
ASSESSMENT OF THE AGROCHEMICAL AND SOIL-RECLAMATION CONDITION OF LANDS
ADJACENT TO THE KOKSARAI RESERVOIR BASED ON GIS AND FIELD STUDIES

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

*e-mail: maksat_90.okkz@mail.ru

This article examines the complex impact of reservoirs on the state of agricultural lands, especially on soil fertility and ecosystems. The aim of the research work is to determine the agrochemical indicators and ameliorative condition of soils in the area adjacent to the Koksaray reservoir, followed by the development of scientifically-based recommendations for rational land use and their introduction into agricultural circulation. During the research, comprehensive agrochemical studies of soils were carried out in the southern part of the Shauldir irrigated array in the Otyrar district of Turkestan region. Field and laboratory methods were used (agrochemical analysis, GPS, satellite data, NDVI index analysis). The results showed a significant level of soil salinity at depths of 0-20 cm, 20-50 cm, and 50-100 cm. In particular, at a depth of 0-20 cm, very strongly saline soils comprise 42.4%, at 20-50 cm – 70.5%, and at 50-100 cm – 96.0%. This indicates the need for urgent reclamation measures (salt leaching, construction of drainage systems, introduction of salt-tolerant crops) on most of this territory. The article also presents the results of soil fertility analysis, including the content of humus, nitrogen, phosphorus, and potassium. In many areas, the level of humus and nitrogen was low, while the content of phosphorus and potassium was relatively favorable.

Keywords: soil, salinity, fertility, cartogram, salinity map.

АВТОРЛАР ТУРАЛЫ МӘЛІМЕТ

1. Пошанов Максат Нурбаевич – тұзданған топырақтарды мелиорациялау бөлімінің меңгерушісі, PhD, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0180-5359>, e-mail: maksat_90.okkz@mail.ru

2. Рамазанова Раушан Хамзаевна – Басқарма Төрайымы, а.ш. ғ. к., доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2059-709X>, e-mail: raushasoil88@mail.ru

3. Дүйсеков Сәкен Нұржанұлы - тұзданған топырақтарды мелиорациялау бөлімінің ғылыми қызметкері, магистр, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9041-4893>, e-mail: saken-muslim@mail.ru

4. Әсімжанов Нұрбол Сәкенұлы - тұзданған топырақтарды мелиорациялау бөлімінің аға инженер-топырақтанушысы, магистр, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2494-5895>, e-mail: asimzhanov.nurbol@mail.ru

5. Зәріп Зәкір Асылбекұлы - тұзданған топырақтарды мелиорациялау бөлімінің аға инженер-топырақтанушысы, магистр, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0180-5359>, e-mail: zakir0802@mail.ru

ДЕГРАДАЦИЯ И ОХРАНА ПОЧВ

MPНТИ 68.05.43

DOI: 10.51886/1999-740X_2025_3_59

А. Ахатов¹, В.Б. Нурматова^{1*}, С.С. Буриев¹

СОСТОЯНИЕ МЕДИ, ЦИНКА И ИХ РЕЗЕРВОВ В ОРОШАЕМЫХ И ЦЕЛИННЫХ СЕРОЗЕМАХ УЗБЕКИСТАНА

*¹Научно-исследовательский институт окружающей среды и природоохранных технологий при Центрально-Азиатском университете изучения окружающей среды и изменения климата (Green University) и Министерстве экологии, охраны окружающей среды и изменения климата Республики Узбекистан, 100043, Ташкент, пр. Бунёдкор, 7а, Узбекистан, *e-mail: nurmatoffkennel@gmail.com*

Аннотация. Целью исследования были оценка содержания меди и цинка, выделения их резервов, распределение меди и цинка в профиле типичного серозема Ташкент-Келесского геоморфологического района Ташкентской области Узбекистана. Изученные целинные и орошаемые типичные сероземы характеризуются среднесуглинистым гранулометрическим составом. Общее содержание меди в верхнем горизонте варьирует от 18 до 27 мг/кг, цинка от 55 до 104 мг/кг, доля илистой фракции - от 12 до 24%. Были выделены резервы меди и цинка - лабильный, ближний и потенциальный. Выявлены колебания резервов от общего содержания в пахотном горизонте: резервы меди - лабильный от 1 до 6%, потенциальный от 33 до 52%, ближний, доминирующий в общем содержании 64%; резервы цинка - лабильный от 6 до 18%, ближний от 16 до 44%, потенциальный, доминирующий в общем содержании до 55%. В достаточно большом количестве представлены ближний и потенциальный резерв меди и цинка, и в несколько меньшем лабильный, а накопление нерастворимой формы меди и цинка в пахотном горизонте повышает устойчивость почв к водной эрозии за счет образования водопрочных структур. Установлено, что распределение меди, цинка и их резервов в изученных почвах, неравномерно и зависит от множества факторов, например давность орошения и окультуривание почв, которые увеличивают как общее содержание меди и цинка, их резервы, так и их содержание в илистой фракции.

Ключевые слова: серозем типичный, новоорошаемый, староорошаемый, целинный, медь, цинк.

ВВЕДЕНИЕ

Металлы имеют особое значение в биосфере - строение, миграции, взаимодействия с другими соединениями делают их неотъемлемой частью ферментативной системы живых организмов, что предопределяет функционирование всего живого. Но не все соединения являются доступными для растений, а в некоторых случаях приводят к заболеваниям, мутациям или даже гибели. Роль меди и цинка, определяется в первую очередь их свойствами для растений и живых организмов почвенной среды. Рациональное использование микроэлементов в сельском хозяйстве, возможно только на основе учета их содержания в почвах, являю-

щихся одним из основных источников химических элементов для всех живых организмов. Данные о микроэлементном составе почв необходимы также и для геохимической характеристики ландшафтов и выделения биогеографических провинций. Однако содержание и характер распределения микроэлементов в почвах, бедных органическим веществом, с учетом почвообразующей породы, и форм их резервов в условиях Узбекистана изучены недостаточно.

Для сельского хозяйства важно не только общее содержание меди и цинка в почве, но и форма нахождения и степень доступности растениям. Медь входит в состав различных медьсодержащих белков и ферментов, влияет на

азотный обмен, играет важную роль в фотосинтезе, в образовании хлорофилла, способствует повышению устойчивости растений к неблагоприятным условиям внешней среды: высоким и низким температурам, засухе, а также к поражению различными грибковыми и бактериальными заболеваниями [1, 2]. Цинк, как и медь, один из важнейших элементов питания растений и входит в состав всех растительных организмов. Содержание цинка в почве и его доступность для растений зависит от pH почвы, содержания в ней карбонатов, органического вещества и др.

Установлено, что пахотный слой почв более богат медью, чем материнская порода, что объясняется результатом биологической аккумуляции меди, тогда как подпахотный слой резко обеднен по отношению к пахотному [3]. Отмечают, что медь в почвах встречается обычно в форме двухвалентных ионов, дающих соединения разной степени подвижности – растворимые, легкоподвижные – сульфат меди, соли лимонной, уксусной и некоторых других органических кислот и труднорастворимые, малоподвижные – сульфиды, окислы, фосфаты и оксалаты меди. Цинком более богаты глинистые породы, особенно покровные и лессовидные суглинки, его мало в песчаных и супесчаных породах [3]. Сероземы, относятся к почвам слабо обеспеченным цинком [4]. Колебания содержания цинка в почвах обусловлены особенностями гранулометрического состава, обогащение им тонких фракций связано с процессами сорбции цинка высокодисперсными составными частями этих фракций – глинами, гидратами окислов, органическим веществом, реакцией среды, насыщенностью кальцием, наличием органических веществ. Цинк может фиксироваться в горизонтах, богатых стабильным гумусом с достаточно высокой емкостью обмена катионов [4, 5].

Несмотря на количество проведенных исследований, посвященных изучению содержания микроэлементов, их запасов, влияния факторов на динамику в местных почвах [6-11], эта тематика остается по-прежнему актуальной, учитывая современный тренд изменения климата в регионе [12]. Особый интерес вызывает проблема истощения сероземов, которые широко распространены в Узбекистане и составляют значительную долю земельного фонда страны. Целью исследования были оценка содержания меди и цинка, выделение их резервов, распределение в профиле типичного серозема (целинный, новоорошаемый, староорошаемый) Узбекистана.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования были проведены в сельскохозяйственных районах Ташкентской области Республики Узбекистан в период 2022-2025 гг. (таблица 1).

В качестве объектов исследования выбраны почвы целинного, новоорошаемого, староорошаемого типичного серозема Ташкент-Келесского геоморфологического района, сформировавшиеся на лессовых аккумуляциях Ташкентского цикла [13].

Сероземы распространены в областях контакта горных систем Тянь-Шаня, Памиро-Аллая с равнинами Туранской низменности. Развиваясь в среде, испытывающей влияние горной страны, сероземы принадлежат к почвам вертикальной зональности и образуют нижний отдел туранской почвенно-климатической поясности [14]. В Узбекистане, наиболее крупные массивы сероземов окаймляют внешние горные хребты Чаткальский, Туркестанский, Гиссарский и заходят в крупнейшие межгорные котловины – Ферганскую, Чирчик-Ангренскую, Мирзачульскую, Санзар-Нуратинскую, Кашкадарьинскую, Сурхандарьинскую, где они занимают невысокие отроги горных хребтов, адыры (предгорья) и

подгорные пролювиальные равнины, опускаясь на верхние речные террасы. Сероземы поднимаются по склонам предгорий до высоты 1300 м с нижней границей 250-400 м. Очерченный в этих границах сероземный пояс совпадает с поясом аридного Туранского климата и эфемерно-эфемероидной раститель-

ности. Почвообразующими породами выступают рыхлые породы четвертичного возраста – лёссы ташкентского и мирзачульского циклов, на лёссовидных, но менее отсортированных и маломощных пролювиальных наносах, и очень редко на элювии коренных горных пород [14].

Таблица 1 - Географическое положение ключевых почвенных разрезов

Почва	Координаты		Абс. выс., м	Географическая привязка разреза
	Широта	Долгота		
Целинный типичный серозем	41°17'42''N	69°01'27''E	393	На север от поселка Туркестан, Ташкентская область
Новоорошаемый типичный серозем	41°08'41''N	68°55'21''E	332	На запад от поселка Хайкабад, Ташкентская область
Староорошаемый типичный серозем	41°15'06''N	69°08'20''E	402	На север от г. Эшангузар, Ташкентская область

В задачу исследования входило полевое изучение морфологических профилей типичных сероземов - целинных, новоорошаемых, староорошаемых, отбор почвенных образцов, лабораторно-аналитические работы. Полевые исследования, отбор образцов и пробоподготовка выполнены в соответствии с общепринятыми методиками в Республике Узбекистан [15]. В образцах определяли содержание меди и цинка атомно-абсорбционным методом на двухлучевом атомно-абсорбционном спектрометре AA-7000 Shimadzu («Shimadzu, Inc.», Япония) [16]; резервы меди и цинка рассчитывали по Горбунову [17, 18]; илистые фракции выделяли с помощью центрифугирования по методу М.Ш. Шаймухомедова и К.А. Ворониной [19].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение изменения содержания в почве и илистых фракциях форм меди и цинка, имеет большое значение для выявления их доступности растениям и практического применения в виде микроудобрений. Количество меди и цинка в почвах, как и большинства микроэлементов, зависит от химического состава и характера почвообразующих пород.

Проведенные исследования показали следующее. По всему профилю исследованных почв, общее содержание меди колеблется в пределах от 18,0 до 26,5 мг/кг (таблица 2), при этом наибольшее содержание меди обнаружено в верхних горизонтах.

Таблица 2 - Содержание меди (Cu) в типичных сероземах Узбекистана

Глубина, см	Общее содержание Cu, мг/кг	Подвижная Cu, мг/кг	Содержание фракции <0,001 мм, %	Cu в илистой фракции, мг/кг
Целинный типичный серозем, среднесуглинистый				
0-12	20,8	13,6	19,0	65,7
12-23	18,1	13,1	21,1	53,6
23-46	19,0	12,6	18,9	48,5
135-165	18,0	10,8	14,2	48,2
Новоорошаемый типичный серозем, среднесуглинистый				
0-29	23,6	12,9	15,0	69,1
29-39	20,5	10,3	15,9	56,0
39-72	20,0	8,6	14,9	49,1
135-165	18,7	9,5	12,2	55,4
Староорошаемый типичный серозем, среднесуглинистый				
0-27	26,5	14,1	23,6	72,0
27-43	22,3	12,9	21,3	64,3
43-83	23,4	13,3	21,6	66,7
170-130	18,6	11,8	21,7	59,9

В распределении общей меди по профилю прослеживается определенная закономерность – при почти одинаковом содержании меди в материнской породе изучаемых почв (18,0– 8,7 мг/кг), ее количество увеличивается в почвенных горизонтах. Наибольшее увеличение отмечено в профиле староорошаемого типичного серозема от 18,6 до 26,5 мг/кг, в новоорошаемом сероземе от 18,7 до 23,6 мг/кг, в целинном - от 18,0 до 20,8 мг/кг. Данные показали, что в типичном сероземе под влиянием орошения и его давности, общее количество меди увеличивается по всему профилю в среднем на 3–6 мг/кг или 15–27%. Об обеспеченности почвы микроэлементами можно судить по содержанию их подвижных форм. Замечено уменьшение содержания подвижной меди от верхнего горизонта к материнской породе от 14,1 до 9,5 мг/кг.

Доля илистой фракции в изученных почвах варьирует от 12,2 до 23,6% (таблица 2). По результатам гранулометрического анализа, верхние и средние горизонты (A и B₁) целинного типичного серозема, обогащены илистой фракцией и отличаются ее большим

содержанием по сравнению с материнской породой. В верхних слоях новоорошаемого типичного серозема илистая фракция распределена более равномерно, с незначительным преобладанием в подпахотном слое. По содержанию илистой фракции в средней части профиля, особенно выделяется горизонт B₂ с наибольшим элювиальным оглинением. Огlinение верхней и средней части профиля староорошаемого типичного серозема происходит за счет увеличения количества иловатых частиц, что является характерной чертой процесса образования сероземов в результате внутрипочвенного выветривания [20]. Следует отметить, что такое утяжеление нельзя отнести (как было предположено в случае новоорошаемого серозема) к различию гранулометрического состава самих пород, так как в профиле староорошаемого серозема содержание менее устойчивых к разрушению механических элементов несколько больше, чем в целинном (таблица 2).

Данные по изучению содержания меди в илистой фракции показывают, что здесь ее содержание в 2,5–3,0 раза больше, чем в почве. Почти одинаковое

количество меди в илистой фракции содержится в генетических горизонтах целинного и новоорошаемого типичного серозема, но наибольшее количество наблюдается в староорошаемом типичном сероземе. Следовательно, под влиянием длительного орошения, общее содержание меди, как в почве, так и в коллоидно-илистой фракции возрастает.

Оценка резервов меди показала следующее. Медь лабильного резерва доступна для микроорганизмов и растений. Вертикальное распределение меди лабильного резерва по профилю неоднородно, доля меди лабильного резерва варьирует от 0,095 до 1,58 мг/100 г и соответственно от 0,69

до 8,78% от общего содержания (таблица 3). Это указывает на то, что передвижение коллоидно-илистой фракции по почвенному профилю происходит неравномерно, так как в почвенном профиле имеются разного вида барьеры (карбонатный, гипсовый, оглиненные), которые и задерживают ее продвижение в этих слоях. Накопление меди лабильного резерва зависит от содержания гумуса, количества водно-пептизированных илистых фракций и скорости их движения. Поскольку данные почвы не засолены, в сухом остатке не наблюдается преобладания натрия, что исключает процесс деспергирования (таблица 3).

Таблица 3 - Резервные формы меди (Cu) в типичном сероземе

Глуби- на, см	Общее содержа- ние Cu, мг/кг	Cu резерва, мг/100 г			Cu резерва, от общего содержания, %		
		лабиль- ного	ближ- него	потен- циального	лабиль- ного	ближ- него	потен- циального
Целинный типичный серозем, среднесуглинистый							
0-12	20,8	1,36	12,48	6,96	6,54	60,0	33,46
12-23	18,1	1,16	11,31	5,63	6,41	62,49	31,10
23-46	19,0	1,37	9,17	8,46	7,21	48,26	44,53
135-165	18,0	1,58	6,84	9,58	8,78	38,0	53,22
Новоорошаемый типичный серозем, среднесуглинистый							
0-29	23,6	1,03	10,37	12,2	4,36	43,94	51,70
29-39	20,5	1,16	8,90	10,44	5,66	43,41	50,93
39-72	20,0	1,17	7,32	11,51	5,85	36,60	57,55
135-165	18,7	0,095	6,76	6,85	0,69	49,34	50,00
Староорошаемый типичный серозем, среднесуглинистый							
0-27	26,5	0,83	17,00	8,67	3,13	64,15	32,72
27-43	22,3	0,94	13,70	7,66	4,22	61,44	34,35
43-83	23,4	0,92	14,41	8,07	3,93	61,58	34,49
170-130	18,603	0,91	13,00	4,69	4,89	69,89	25,22

Вертикальное распределение меди ближнего резерва (таблица 3) с явным уменьшением содержания вниз по профилю от 17 до 6,76 мг/100 г и очевидным накоплением в верхнем горизонте, может, возможно, связано с содержанием гумуса и механическим составом почвы. В процентном отношении в верхнем горизонте почв ближний

резерв составляет от 44 до 64% от общего содержания меди. Среди исследуемых почв, наибольшее накопление ближнего резерва меди наблюдается в староорошаемых типичных сероземах, что вероятно, происходит за счет агро-ирригационных наносов.

Доля потенциальной резервной формы меди в изученных почвах варьи-

рует от 4,69 до 12,2 мг/100 г с неравномерным вертикальным распределением по профилю. В процентном отношении в верхнем горизонте почв потенциальный резерв составляет от 33 до 52% от общего содержания меди (таблица 3).

Количество большинства микроэлементов в почвах, зависит от хими-

ческого состава и характера почвообразующих пород и цинк не является исключением. Основные породы содержат больше цинка, чем кислые и поэтому почвы, формирующиеся на карбонатных породах, более богаты цинком (таблица 4).

Таблица 4 - Содержание цинка (Zn) в типичном сероземе

Глубина, см	Общее содержание Zn, мг/кг	Подвижный Zn, мг/кг	Содержание фракции <0,001 мм, %	Zn в илистой фракции, мг/кг
Целинный типичный серозем, среднесуглинистый				
0-12	78,3	50,2	19,0	182,0
12-23	69,8	40,1	21,1	173,3
23-46	62,4	42,8	18,9	156,2
135-165	54,9	37,5	14,2	149,7
Новоорошаемый типичный серозем, среднесуглинистый				
0-29	86,9	54,5	15,0	162,7
29-39	63,7	51,9	15,9	164,6
39-72	62,4	47,3	14,9	174,8
135-165	58,4	37,6	12,2	166,8
Староорошаемый типичный серозем, среднесуглинистый				
0-27	103,8	60,9	23,6	224,7
27-43	92,9	50,3	21,3	209,3
43-83	83,2	51,6	21,6	108,5
170-130	61,1	43,6	21,7	169,3

Общее содержание цинка в материнской породе изучаемых почв различно - от 54,9 до 61,1 мг/кг; его количество увеличивается в почвенных горизонтах от 78,3 до 103,8 мг/кг, что в среднем в 1,5 раза больше, чем в породе (таблица 4). Во всех изученных типичных сероземах количество общего цинка уменьшается постепенно вниз по профилю, наибольшее количество общего цинка обнаружено в почвенных горизонтах и породе староорошаемого типичного серозема, а наименьшее в целинном, что схоже с содержанием меди. В целом, общее содержание цинка, по профилю исследованных типичных сероземов меняется от 55 до 104 мг/кг. Содержание подвижного цинка умень-

шается от верхнего горизонта к материнской породе - от 60,9 до 37,5 мг/кг.

Илистая фракция в изученных типичных сероземах варьирует от 12,2 до 23,6% (таблица 4). Верхние горизонты целинного типичного серозема более обогащены илистой фракцией по сравнению с материнской породой, а в средней части профиля выделяется горизонт В₂, где происходит процесс элювиального оглинения за счет увеличения количества иловатых частиц, что является характерной чертой процесса образования сероземов. В новоорошаемом типичном сероземе илистая фракция распределена равномерно, с незначительным преобладанием в верхних слоях. Наибольшим содержанием илис-

той фракции отличается староорошаемый типичный серозем от 21,7 до 23,6%. Это свидетельствует о том, что длительное орошение способствует увеличению общего содержания цинка как в почве, так и в коллоидно-илистой фракции (таблица 4).

Результаты анализа содержания цинка в илистой фракции показывают, что его количество в 2-3,5 раза больше, чем в нерасчлененной почве. В целинном типичном сероземе наблюдается постепенное снижение содержания цинка от верхних горизонтов к нижним. В новоорошаемом распределение равномерное от 163 до 167 мг/кг с накоплением в средней части профиля. Наибольшее количество цинка наблюдает-

ся в староорошаемом типичном сероземе от 169,3 до 224,7 мг/кг (таблица 4).

Вертикальное распределение цинка лабильного резерва по профилю всех изученных сероземов неоднородно, варьирует от 4,23 до 16,92 мг/кг и соответственно от 6,92 до 40,0% от общего содержания (таблица 5), и также, как и в случае с медью, это указывает на то, что передвижение илистой фракции по почвенному профилю происходит неравномерно из-за различных барьеров. Накопление цинка непосредственного резерва связано с содержанием гумуса и агрегированных илистых фракций, а также скоростью их передвижения (таблица 5).

Таблица 5 - Резервные формы цинка (Zn) в типичном сероземе

Глуби-на, см	Общее содер-жание Zn, мг/кг	Zn резерва, мг/100 г			Zn резерва, от общего содержания, %		
		Лабиль-ного	Ближ-него	Потенци-ального	Лабиль-ного	Ближне-го	По-тен-циаль-ного
Целинный типичный серозем, среднесуглинистый							
0-12	78,3	14,52	34,58	29,2	18,54	44,16	37,29
12-23	69,8	10,97	36,57	22,26	15,72	52,39	31,89
23-46	624	14,52	29,52	18,46	23,77	47,31	29,42
135-165	42,3	16,92	21,26	4,12	40,00	50,26	9,74
Новоорошаемый типичный серозем, среднесуглинистый							
0-29	86,9	11,83	27,41	47,66	13,61	31,54	54,84
29-39	63,7	5,23	26,17	32,30	8,21	41,08	50,71
39-72	62,4	5,80	26,05	30,55	9,29	41,75	48,96
135-165	58,4	10,22	20,40	27,78	17,80	34,93	47,57
Староорошаемый типичный серозем, среднесуглинистый							
0-27	103,8	9,42	20,35	60,03	6,38	16,53	54,67
27-43	92,9	7,40	44,58	40,82	7,40	48,30	44,23
43-83	83,2	13,48	23,44	46,28	16,20	28,17	55,63
170-130	61,1	4,23	36,67	20,2	6,92	60,02	33,06

Распределение цинка ближнего резерва (таблица 5) также неоднородно. Исключением является профиль новоорошаемого типичного серозема, в котором уменьшение по профилю постепенное - от 27,41 до 20,40 мг/100 г, что согласуется и в процентном соотношении от общего содержания - от 55,63 до 47, 57%. В целинном и староорошаемом типичных сероземах наблюдается накопление цинка ближнего резерва в средней части профиля, что также заметно и в процентном соотношении цинка ближнего резерва от общего содержания. Это может быть объяснено разными причинами, например содержанием гумуса, механическим составом почвы или агроирригационными наносами (таблица 5). Потенциальная резервная форма цинка напротив, стабильно снижается от верхнего горизонта к материнской породе во всех изученных типичных сероземах от 60,03 до 4,12 мг/100 г, как и ее процент от общего содержания – от 55 до 10% (таблица 5).

Таким образом, профильное распределение содержания меди и цинка изученных типичных сероземов, а также их резервных форм, зависит от их количества в породе, гранулометрического состава почвы. Давность орошения и окультурирование почв увеличивают как общее содержание меди и цинка, так и их содержание в илистой фракции. Во всех изученных почвах количество меди и цинка уменьшается постепенно вниз по профилю, наибольшее их количество обнаружено в почвенных горизонтах староорошаемых типичных сероземов, а наименьшее в целине. Достаточно большая часть меди (36-70%) и цинка (31-63%) от общего содержания в почве связана с илистой фракцией и можно утверждать, что в этой фракции происходит наибольшее поглощение

микроэлементов растениями. Новоорошаемые и староорошаемые типичные сероземы наиболее активно используются в Узбекистане для выращивания сельскохозяйственных культур и внесение медь и цинк содержащих удобрений в эти почвы пополнит нехватку резервных форм меди как наиболее важных для вегетации растений.

ВЫВОДЫ

1. Изученные типичные сероземы Узбекистана (целинный, новоорошаемый, староорошаемый,) характеризуются среднесуглинистым гранулометрическим составом с долей илистой фракции, не превышающей 24%. Содержание подвижной меди до 14 мг/кг, цинка до 70 мг/кг.

2. Общее содержание меди и цинка варьирует от давности орошения. В верхнем горизонте изученных типичных сероземов общее содержание меди до 27 мг/кг, цинка до 104 мг/кг. Их вертикальное распределение с заметным снижением от верхних горизонтов к материнской породе. Наиболее богат медью и цинком староорошаемый типичный серозем.

3. Медь и цинк лабильного резерва составляет менее трети от общего содержания, при этом преобладают медь и цинк ближнего и потенциального резерва. Давность орошения и окультурирование почв увеличивают как общее содержание меди и цинка, их резервы, так и их содержание в илистой фракции.

Дальнейшее изучение особенностей меди и цинка, их накопления и восстановления в типичных сероземах Узбекистана имеет важное значение для разработки рекомендаций по рациональному их использованию, противозерозионной защите и увеличению продуктивности.

Исследования, рассмотренные в этой рукописи, были проведены при финансовой поддержке Научно-исследовательского института окружающей среды и природоохранных технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шарафутдинова Ф.Х. Медь и ее формы в основных типах почв Ферганской долины: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Ташкент, 1964. – 23 с.
2. Шарафутдинова Ф.Х. Роль меди в развитии хлопчатника. – Ташкент: ФАН, 1983. – 222 с.
3. Ковальский В.В., Андрианова Г.А. Микроэлементы в почвах СССР. – М.: Наука, 1970. – 180 с.
4. Гафурова Л.А., Пируханова Ф.Н. Микроэлементы и сера в эродированных сероземах, сформированных на отложениях неогена и их влияние на производительную способность почв. – Ташкент: Мехнат, 2001. – 107 с.
5. Зырин Н.Г. Общие закономерности в миграции и распределении микроэлементов в почве// Микроэлементы в почвах Советского Союза. – М.: МГУ, 1973. – Вып. 1. – С. 5–27.
6. Исагалиев М. Т. и др. Биомикроэлементы в сероземах юга Ферганы// Аграрная наука–сельскому хозяйству: сборник материалов. – 2020.–№2.–С. 364-366.
7. Раджабов А. И. и др. Содержание микроэлементов на почвах под посевами пшеницы// Вестник науки. – 2020. – Т. 1. – №. 10 (31). – С. 81-85.
8. Рахматов У. и др. Исследование концентрации меди, никеля и кадмия в различных типах почв Ферганской области// Universum: технические науки. – 2021. – №. 11-4 (92). – С. 68-73.
9. Рахматов У. и др. Концентрация Cu, Ni и Cd в почвах Андижанской области// Universum: технические науки. – 2022. – №. 2-5 (95). – С. 53-61.
10. Isagaliyev M. T. et al. Change in the content of mobile microelements in typical sierozems under the influence of the cement industry// J Open. – 2025. – Т. 1. – № 01. – С. 1-5.
11. Karimov K. et al. Amount of mobile toxicants in typical gray soils and irrigation water contained Kitab district, Uzbekistan// E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2025. – Т. 623. – С. 01006.
12. Li J., Chen H., Zhang C. Impacts of climate change on key soil ecosystem services and interactions in Central Asia // Ecological Indicators. – 2020. – Т. 116. – P. 106490.
13. Генусов А.З., Горбунов Б.В., Кимберг Н.В. Классификация и диагностика почв Узбекистана// В кн.: Генезис, география и мелиорация почв Узбекистана. – Ташкент, 1972. – С. 3–49.
14. Горбунов Б.В. и др. Почвы Узбекистана. – Ташкент: ФАН, 1975. – 222 с.
15. Методы агрохимических, агрофизических и микробиологических исследований в полевых хлопковых районах. – Ташкент: СоюзНИХИ, 1963. – 440 с.
16. ГОСТ 23957.1-2003. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. – Утв. 10.03.1992 Министерством сельского хозяйства РФ. – М.: 1992. – 28 с.
17. Горбунов Н.И. Минералогия и физическая химия почв. – М.: Наука, 1978. 292 с.
18. Ахатов А., Буриев С.С., Нурматова В.Б. Состояние калия и его резервов в

горных коричневых почвах Узбекистана// Почвоведение и агрохимия. –2023.

– № 3. – С. 5–21.

19. Шаймухамедов М.Ш., Воронина К.А. Методика фракционирования органо-глинных комплексов почв с помощью лабораторных центрифуг// Почвоведение.

–1972. – № 8. – С. 134–138.

20. Розанов Б.Г. Морфология почв. – М.: МГУ, 1983. – 320 с.

REFERENCES

1. Sharafutdinova F.H. Med' i ee formy v osnovnyh tipah pochv Ferganskoj doliny. Avtoref. Kand. Diss. Na sois. Uch.st.s/h n., – Tashkent, 1964. – 23 s.

2. Sharafutdinova F.H. Rol' medi v razvitii hlochatnika. – Tashkent: FAN, 1983. – 222 s.

3. Koval'skij V.V., Andrianova G.A. Mikroelementy v pochvah SSSR. – M.: Nauka, 1970. – 180 s.

4. Gafurova L.A., Piruhanova F.N. Mikroelementy i sera v erodirovannyh serozemah, sformirovannyh na otlozheniyah neogena i ih vliyanie na proizvoditel'nyu sposobnost' pochv. – Tashkent: Mekhnat, 2001. – 107 s.

5. Zyryin N.G. Obshchie zakonomernosti v migratsii i raspredelenii mikroelementov v pochve. Mikroelementy v pochvah Sovetskogo soyuza. – M.: MGU, 1973. – Vyp.1. – S. 5–27.

6. Isagaliyev M. T. i dr. Biomikroelementy v serozemah yuga Fergany// Agrarnaya nauka–sel'skomu hozyajstvu: sbornik materialov. – 2020. – № 2. – S. 364–366.

7. Radzhabov A. I. i dr. Soderzhanie mikroelementov na pochvah pod posevami pshenicy// Vestnik nauki. – 2020. – T. 1. – №. 10 (31). – S. 81–85.

8. Rahmatov U., Hamrakulova M. H., Mirzaev D. M., Abdisamatov E. D. Issledovanie koncentracii medi, nikelya i kadmiya v razlichnyh tipah pochv Ferganskoj oblasti// Universum: tekhnicheskie nauki. – 2021. – № 11-4 (92). – S. 68–73.

9. Rakhmatov U. i dr. Kontsentratsiya. Cu, Ni i Cd v pochvah Andizhanskoj oblasti// Universum: tekhnicheskie nauki. – 2022. – №. 2-5 (95). – S. 53–61.

10. Isagaliyev M. T. et al. Change in the content of mobile microelements in typical sierozems under the influence of the cement industry// J Open. – 2025. – T. 1. – № 01. – S. 1–5.

11. Karimov K. et al. Amount of mobile toxicants in typical gray soils and irrigation water contained Kitab district, Uzbekistan// E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2025. – T. 623. – S. 01006.

12. Li J., Chen H., Zhang C. Impacts of climate change on key soil ecosystem services and interactions in Central Asia// Ecological Indicators. – 2020. – T. 116. – S. 106490.

13. Genusov A.Z., Gorbunov B.V., Kimberg N.V. Klassifikatsiya i diagnostika pochv Uzbekistana// V kn.: Genezis, geografiya i melioratsiya pochv Uzbekistana. – Tashkent, 1972. – S. 3–49.

14. Gorbunov B.V. i dr. Pochvy Uzbekistana. – Tashkent: FAN, 1975. – 222 s.

15. Metody agrohimicheskikh, agrofizicheskikh i mikrobiologicheskikh issledovaniy v polevyh hlopkovyh rajonah. – Tashkent: SoyuzNIHI, 1963. – 440 s.

16. GOST 23957.1-2003 Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu tyazhelyh metallov v pochvah sel'hozougodij i proizvodii rastenievodstva. Utverzhdeno 10.03.1992 Ministerstvom sel'skogo hozyajstva Rossijskoj Federatsii. – M., 1992. – 28 s.

17. Gorbunov N.I. Mineralogiya i fizicheskaya himiya pochv. – Moskva: Nauka, 1978. – 292 c.

18. Ahatov A., Buriev S.S., Nurmatova V.B. Sostoyanie kaliya i ego rezervov v gornyh korichnevyyh pochvah Uzbekistana// Pochvovedenie i agrokhimiya. – 2023. № 3. - S. 5–21.
19. Shajmuhamedov M.SH., Voronina K.A. Metodika frakcionirovaniya organo-glinnykh kompleksov pochv s pomoshch'yu laboratornykh centrifug// Pochvovedenie. –1972. – № 8. – S. 134–138.
20. Rozanov B.G. Morfologiya pochv. – M.: MGU, 1983. – 320 s.

ТҮҮЙІН

А. Ахатов¹, В. Нұрматова^{1*}, С. Бөриев¹

ӨЗБЕКСТАН СУАРМАЛЫ ЖӘНЕ ТЫҢ БОЗ ТОПЫРАҚТАРЫНДАҒЫ МЫС, МЫРЫШ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ҚОРЛАРЫНЫҢ ЖАҒДАЙЫ

¹Орталық Азия қоршаған орта және климаттың өзгеруі университеті (Green University) жанындағы Қоршаған орта және табиғатты қорғау технологиялары ғылыми-зерттеу институты және Өзбекстан Республикасы Экология, қоршаған ортаны қорғау және климаттың өзгеруі министрлігі, 100043, Ташкент, Бунёдкор даңғылы, 7а, Өзбекстан,

*e-mail: nurmatoffkennel@gmail.com

Зерттеудің мақсаты Өзбекстанның Ташкент облысы, Ташкент-Келес геоморфологиялық округінің тың, жаңа суарылатын, ескі суармалы типтік боз топырақ профилі бойынша мыс пен мырыш қорларының мөлшері мен таралуын бағалау болды. Зерттелетін тың және суармалы типтік боз топырақ орташа сазды гранулометриялық құраммен сипатталады. Жоғарғы горизонттағы мыстың жалпы мөлшері 18-ден 27 мг/кг-ға дейін, мырыш 55-тен 104 мг/кг-ға дейін өзгереді. Тұнбалы фракцияның үлесі 12-ден 24%-ға дейін. Мыс пен мырыш қоры анықталды – тұрақсыз, жақын және әлеуетті. Егістік горизонттағы мыс қорының жалпы құрамнан ауытқуы анықталды: тұрақсыз 1-ден 6%-ға дейін, потенциал 33-тен 52%-ға дейін, жақын, жалпы құрамда басым 64%. Егістік горизонттағы мырыш қорының мөлшері: тұрақсыз 6-дан 18%-ға дейін, 16-дан 44%-ға дейін, потенциалды, жалпы құрамда 55%-ға дейін басым. Егістік горизонтында мыс пен мырыштың ерімейтін түрлерінің жинақталуы байқалады, бұл суға төзімді құрылымдардың пайда болуына байланысты топырақтардың су эрозиясына төзімділігін арттырады. Мыс пен мырыштың жақын және әлеуетті қорлары айтарлықтай көп мөлшерде, ал лабильділері азырақ мөлшерде ұсынылғаны анықталды. Мыстың және оның қорының зерттелетін топырақтарда таралуы біркелкі емес және мыс пен мырыштың жалпы құрамын да, олардың қорын да, лай фракциясындағы құрамын да арттыратын суару және топырақ өңдеу жасы сияқты көптеген факторларға байланысты екені анықталды.

Түйінді сөздер: боз топырақ, типтік, жаңадан суарылатын, ескі суармалы, тың, мыс, мырыш.

SUMMARY

A. Akhatov¹, V. Nurmatova^{1*}, S. Buriev¹

STATE OF COPPER, ZINC AND THEIR RESERVES IN IRRIGATED AND VIRGIN SERIOZEMS OF UZBEKISTAN

¹Research Institute of Environment and Nature Protection Technologies under Central Asian University of Environment and Climate Change (Green University) and Ministry of Ecology, Environmental Protection and Climate Change of the Republic of Uzbekistan, 100043, Tashkent, Bunyodkor avenue, 7a, Uzbekistan,

*e-mail: nurmatoffkennel@gmail.com

The aim of the study was to assess the content and allocation of copper and zinc reserves, as well as their distribution in the profile of virgin, newly irrigated, old-irrigated typical sierozem

of the Tashkent-Keles geomorphological district, Tashkent region of Uzbekistan. The studied virgin and irrigated typical sierozems are characterized by medium loamy granulometric composition. The total copper content in the upper horizon varies from 18 to 27 mg / kg, zinc from 55 to 104 mg / kg. The share of clay fraction is from 12 to 24%. Copper and zinc reserves were identified - labile, near and potential. Fluctuations in copper reserves, from the total content, in the arable horizon were revealed: labile from 1 to 6%, potential from 33 to 52%, near, dominating in the total content 64%. The content of zinc reserves in the arable horizon: labile from 6 to 18%, near from 16 to 44%, potential, dominating in the total content up to 55%. In the arable horizon, there is an accumulation of insoluble forms of copper and zinc, which increases the resistance of soils to water erosion due to the formation of water-resistant structures. It was found that the near and potential reserves of copper and zinc are presented in a fairly large amount, and the labile in a slightly smaller amount. It was found that the distribution of copper and its reserves in the studied soils is uneven and depends on many factors, such as the age of irrigation and soil cultivation, which increase both the total content of copper and zinc, their reserves, and their content in the clay fraction.

Keywords: sierozem, typical, newly irrigated, old-irrigated, virgin, copper, zinc.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. Ахатов Абдусамад – старший научный сотрудник лаборатории защиты земельных ресурсов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4895-2372>, e-mail: akhatov.2020a@gmail.com

2. Нурматова Виктория Борисовна – старший научный сотрудник лаборатории технологии защиты водных ресурсов, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9610-1727>, e-mail: nurmatoffkennel@gmail.com

3. Буриев Салимжан Самеджанович – Вр.и.о. директора, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7585-8576>, e-mail: eco_nii@uznature.uz

SRSTI 68.05.01; 68.29.01

DOI: 10.51886/1999-740X_2025_3_71

**Y. Zhakypbek¹, M. Toktar^{1*}, M. Massimzhan², Y.T. Uteyev³, S. Tursbekov¹,
T.B. Nurpeissova¹, B.B. Kumiskhanova¹**

**INVESTIGATION OF SOIL DEGRADATION PROCESSES IN THE MAKAT FARM
IN ATYRAU REGION**

¹*Satbayev University, Republic of Kazakhstan, 050013, Almaty, Satbaev str. 22,
Kazakhstan, *e-mail: toktar-soil@mail.ru*

²*Biomedical Research Centre, Al-Farabi Kazakh National University,
050040, Almaty, al-Farabi ave. 71, Kazakhstan*

³*Kazakh National Agrarian Research University, 050000, Almaty, Abai Avenue, 8,
Kazakhstan*

Abstract. The study conducted in the Makati region includes granulometric analysis, vegetation assessment, topsoil evaluation (horizons A and B), and chemical testing to determine soil resistance to mechanical stress. The results of the soil stability analysis indicate that the upper soil layers across all sites are more vulnerable to erosion and soil exhaustion. This is primarily due to a reduction in clay content, the depletion of humus, and the accumulation of toxic salts. The decline in vegetation cover further aggravates the issue, pointing to severe pasture degradation. These findings highlight the urgent need for soil conservation measures, such as improving soil physical properties and mitigating salt exposure, to support ecosystem restoration. Field studies also identified a variety of soil profiles, with gray-brown salt marsh and brackish soils being the most prevalent. These soil types are marked by low buffering capacity, which intensifies the degradation process. The analysis classified soil degradation in the region as moderate to severe. Anthropogenic factors, including mechanical disturbances and improper land use, significantly accelerate soil degradation. This, in turn, compromises ecosystem stability by diminishing soil quality and reducing its productivity, thereby negatively impacting the broader environment of the region.

Keywords: desertification, soil degradation, the Caspian region, climatic changes, desertification, soil degradation, the Caspian region, climate change, ecosystems, soil buffering.

INTRODUCTION

Desertification is one of the most serious environmental problems of our time, affecting about 35% of the Earth's surface and affecting 32% of the world's population [1]. Desertification is the degradation of land in arid, semi-arid, and arid regions, including deterioration of vegetation, reduced soil quality, and nutrient depletion. According to various statistics, land degradation has affected more than 9 million square kilometers, and in some cases up to 7 million hectares of land are lost from productive use annually [2]. In response, the United Nations adopted the Convention to Combat Desertification [3], which aims to prevent land degradation and restore ecosystems.

According to the UN, drylands occupy about 30% of the Earth's surface and are present in more than 10 countries with more than 2 billion people [4]. At the current rate of desertification, it is projected that by 2025, one in five people on Earth will live in regions prone to drought and land degradation. Currently, more than two billion hectares of productive lands have been degraded, and another 12 million hectares continue to be degraded annually [5].

Central Asia is a prime example of a region where desertification has reached its most acute proportions, with cross-border problems having a significant impact on ecosystems and populations. A number of studies indicate that there is

currently no region in the world with an area of more than four million square kilometers where the threats of desertification are as great as in the area located between the Caspian Sea and the Pamir Mountains. Currently, more than two thirds of the territory of Central Asia is arid and semi-arid lands, which makes the region extremely vulnerable to degradation processes [6]. For example, in Kazakhstan, according to the World Bank, about 66% of the territory is subject to desertification [7].

The effects of desertification in Central Asia are exacerbated by climate change and anthropogenic pressures. Climate change forecasts for the region suggest a temperature increase of 2-4°C [8]. The illegal use of land during the Soviet period, including intensive irrigation, overgrazing and deforestation of mountain forests, led to environmental consequences that are still being felt.

It is estimated that 4-10% of cultivated areas, 27-68% of pastures and 1-8% of forest resources are currently degraded in Central Asia [9]. These processes have a significant impact on the sustainability of natural systems, as well as on agricultural productivity, which leads to economic losses. In particular, since the independence of the Central Asian countries, agriculture in the region has lost about 20-30% of its productivity, resulting in annual losses of \$2 billion [10].

Special attention should be paid to soil degradation, which is one of the most pressing environmental problems. The process of degradation in the Caspian region, where the factors of desertification and soil degradation are at their greatest, has both environmental and socio-economic consequences. Soil degradation is observed on these lands, manifested in erosion, salinization, desiccation and loss of fertility, which directly affects agriculture, biological diversity and the sustainability of the region's ecosystems [11-17].

MATERIALS AND METHODS

Field soil studies conducted at monitoring sites in the Makati region cover various soil conditions. Soils that have been damaged at various levels indicate low natural soil buffering rates in this area. The research was conducted on an area of 250 hectares of degraded pasture lands of a peasant farm in the Makat district. As part of the research, the gray-brown saline and salt marsh soils typical of the area, characteristic of areas with a dry climate and frequent droughts, were studied.

Makat district is located in the Atyrau region of Kazakhstan and is characterized by a sharply continental climate with hot summers and moderately cold winters. This area is characterized by significant temperature fluctuations and lack of precipitation, which significantly affects the condition of soils and their resistance to soil exhaustion.

The following chemical and physico-chemical parameters were determined in the soil samples: humus content, granulometric composition, acidity, salt composition and other parameters affecting soil quality. The field and laboratory work was carried out using generally accepted methods of soil science. The granulometric composition of soils was determined according to the Kaczynski method (GOST 12536-2014). The humus content in the soils was measured using the Tyurin method (GOST 26213-91). The mechanical composition of the soil has a decisive influence on its resistivity. In accordance with the "Scientific and methodological guidelines for monitoring lands of the Republic of Kazakhstan", soil resistance to anthropogenic mechanical stress is classified depending on the content of particles of physical clay (fraction less than 0.01 mm) as follows: more than 20% - high degree of stability, 10-20% - medium degree of stability, less than 10% - low degree of stability. The assessment of the degree of soil degradation was carried out

according to the criteria specified in the "Criteria for determining the degree of degradation of soils and lands of the Republic of Kazakhstan".

RESULTS AND DISCUSSION

Soil section 1 is laid on the Makatsky district of gray-brown desert soils, under the solyanka vostochnaya- climacoptera woolly vegetation, 40-45% coverage,

boiling from HCl is violent from the surface (figure 1).

0-15 cm, gray-brown (with a brownish tinge), dry, compacted, up to 5 cm lego compacted, finely porous, dusty-powdery-lumpy, large and small plant roots, medium loam,

15-34 cm, brownish-gray, dry, strongly compacted, porous, lumpy-dusty, thin plant roots, medium loam,



Figure 1 – Gray-brown desert soils, under Solyanka Vostochnaya (*Salsola orientalis*), soil section 1

34-59 cm, brown with spots of carbonates, moist, dense, lumpy, thin plant roots, medium loam,

59-93 cm, brown with numerous spots of carbonates, moist, fine nutty, sometimes dense, sometimes compacted, medium loam,

93-130 cm, uneven color, gray-whitish, spotted with carbonates, moist, sandy loam.

In the upper horizons, the soil is denser and inhibits root growth, which can hinder the active development of vegetation. In deeper layers, there is an increase in humidity and an increase in the content of carbonates, which may indicate more complex water-mineral characteris-

tics of the soil. To improve conditions for plants in this area, work may be required to improve the physical properties of the soil, as well as to reduce exposure to high levels of carbonates, which may lead to improved nutrient availability for plants (figure 2).

Soil section 2 (salt marsh) is laid near Potashnikov-sarsazan vegetation, protective cover, boiling from HCl is violent from the surface (figure 3).

0-4 cm, dirty dark gray, moist, fractured, loam consisting of broken and whole shells,

4-23 cm, grayish-whitish with a large number of rusty and glaucous spots, dense layered loam with fragments of shell rock,

23-50 cm, irregularly colored: on a bluish background, there are abundant rusty accumulations, spots and rare humus streaks, a large number of veins and spot accumulations of salts. The horizon is moist and loamy,

50-80 cm, bluish-ochreous, moist, structureless, sandy loam. There are dirty white spots of carbonates in the lower part. There are many streaks and point accumulations of salts along the horizon, as well as broken shells,

80-100 cm, bluish-green, many spots of easily soluble salts, contains rusty and black spots of iron and manganese oxides.

In this soil section, it is a typical salt marsh soil with pronounced signs of salt formation and mineralization. It has a heterogeneous texture and color, with a large number of salt deposits, iron and manganese oxides, which indicates a high activity of the processes of leaching and accumulation of salts in the soil (figure 2).



Figure 2 – Salt marsh is covered with potashnikovo-sarsazan vegetation, soil section 2

Section 3 is laid on the opposite-leaved climacopter-small-flowered worm-wood vegetation, 45-50% coverage, boiling from HCl is violent from the surface (figure 3).

0-13 cm, gray-brown, lumpy-dusty, dry, sometimes dense, sometimes loose,

permeated with plant roots, light loam,

13-22 cm, light gray-brown, dry, lumpy-nutty-powdery, thin plant roots,

22-50 cm, yellowish-brown, dry, very dense, columnar-prismatic, medium loamy, streaked carbonates.



Figure 3 – Opposite-leaved wormwood is laid on a climocopter (*Climacoptera*), soil section 3

50-71 cm, brownish-yellow, dry, compacted, slightly loamy, carbonates in the form of spots,

71-100 cm, heterogeneously colored, layered, reddish spots of iron oxides.

Based on the description, the soil has a diverse structure and composition, with noticeable changes as the depth increases. The upper layers are characterized by relatively light loam with good biological activity (presence of roots). At greater depths, the soil becomes more dense and mineralized, with carbonates and iron oxides, which may indicate the specific mineralogy of this site. Such features can have an impact on water exchange, plant nutrition, and possibly on the agronomic properties of the soil (figure 3).

Section 4 is laid on the bottom of the saltpeter wormwood-solyanka vostochnaya-climacoptera opposite-leaved vegetation, 35-45% coverage, boiling from HCl

violent from the surface (figure 4).

0-10 cm, gray-brown, dry, lumpy-dusty, large and small plant roots,

10-30 cm, light brown, compacted, dry, lumpy-dusty, loam, thin plant roots,

30-41 cm, brownish-whitish, dry, strongly compacted, lumpy-nutty, carbonates in the form of spots,

41-90 cm, brownish yellow, dry, compacted, strong spot of carbonates,

91-130 cm, brown with separate aggregations and spots of carbonates, dry, dense, fine nutty-dusty, loam.

Based on the description of the soil, it can be concluded that the soil in question has a pronounced densification and contains a significant amount of carbonates, especially at a depth of 30-130 cm. This can limit the growth of plant roots at deeper levels and reduce the availability of water and nutrients (figure 4).



Figure 4 – Laid on the bottom of the saltpeter wormwood-oriental solyanka-
Climocoptera opposite-leaved vegetation, soil section 4

The analysis of soil samples collected at the studied sites with respect to the granulometric composition demonstrates that soils have different resistance to mechanical influences. The response of ecosystems and their components, such as soils and vegetation, to anthropogenic mechanical impacts largely depends on weather conditions and the time of year. In this context, the water regime often becomes a key factor affecting soil stability.

Another important external factor influencing the nature of impacts is wind activity. Work in areas with soils of light mechanical composition in spring, during the period of the greatest Aeolian activity, can lead to a significant increase in deflation processes.

Each section has a different depth characteristic, and for each layer, soil stability is determined, which ranges from "unstable" to "high degree of stability." Depending on the mechanical composition of the soil, as well as on the mechanical impact, the degree of stability may vary at

different levels of the section (table 1).

Soil section -1 demonstrates high soil stability in the deep layers (34-59 cm and below), while in the upper layers (0-34 cm) the soil is assessed as unstable or with moderate stability (table 1).

Section SS-3 has soil with a high degree of stability at almost all depths (from 23 cm to 100 cm), but in the upper layers (0-4 cm) the soil is assessed as unstable (table 2).

Section SS-0 (virgin) shows high stability at depths of 12 cm and below, with medium stability in the upper layers (table 1).

The SS-4 section is characterized by high stability at a depth of more than 22 cm, and in the upper layers (0-13 cm) soil stability is considered low (table 1).

Analysis of the resistance of gray-brown desert soil to mechanical stress shows that different sections have different degrees of stability. The soil in the upper layers (up to 20-30 cm) of virgin land is most often unstable or moderately stable, which may be due to increased

susceptibility to erosion and degradation as a result of anthropogenic activity. Soil stability increases significantly in deeper layers (table 1).

Table 1 – Assessment of soil resistance to anthropogenic mechanical effects of gray-brown desert soil in 2024.

Soil sections	Depth, cm	Fraction less than 0.01	Stability
SS – 1	0-15	9,4	unstable
	15-34	8,1	unstable
	34-59	20,9	high stability
	59-93	14,59	medium degree of stability
	93-100	13,77	moderately stable
SS– 3	0-4	9,8	unstable
	4-23	19,7	medium degree of stability
	23-50	22,82	high degree of stability
	50-80	23,1	high degree of stability
	80-100	22,4	high degree of stability
SS – 0	0-12	15,0	medium degree of stability
	12-35	28,82	high degree of stability
	35-87	24,9	high degree of stability
	87-134	23,1	high degree of stability
SS – 4	0-13	9,6	unstable
	13-22	18,1	medium degree of stability
	22-50	24,20	high degree of stability
	50-71	31,64	high degree of stability
	71-100	30,91	high degree of stability

Soil section 3, there is a high degradation in the content of toxic salts, as well as an average degradation in other indicators. Section 3 can be assessed as moderately degraded (table 2).

Soil section 4, indicators of toxic salts and reduction of physical clay, the degree of degradation is high. In general, the section can be assessed as moderately degraded, but with some signs of high degradation (table 2).

Based on the presented data, it can be concluded that all three sections are at the stage of average soil degradation, which is characterized by a decrease in clay content, a decrease in the thickness of the soil profile and significant losses of humus.

The greatest threat is posed by high levels of toxic salts in arable soil layers,

which leads to a high degree of degradation in this parameter. A decrease in the projective vegetation cover also indicates an increased degree of degradation of pastures (table 2).

All three soil sections show similar problems with soil degradation. The main factors influencing the deterioration of soils include:

- significant reduction of humus content,
- loss of physical clay,
- high content of toxic salts.

All sections are characterized by an average degree of soil degradation with pronounced signs of vegetation deterioration (table 2). The main problem is the loss of organic matter, which leads to a decrease in soil fertility.

Table 2 - Table assessment of the degree of soil degradation by research object

Indicators	Changing parameters, %	By points	Degree of degradation
Soil section 1			
Reduction of the physical clay content by an amount, % of the initial	15/9,0	4	High
Reduction of the thickness of the soil profile (A + B), % of the initial	29/23	2	Average
Reduction of humus reserves in the soil profile (A + B), % of the initial	94/71	2	Average
The amount of toxic salts in the humus (arable) layer (%):	0,094	4	High
Projective cover of pasture vegetation, % of the zonal	60/40	3	Increased
Soil section 3			
Reduction of the physical clay content by an amount, % of the initial		2	Average
Reduction of the thickness of the soil profile (A + B), % of the initial		2	Average
Reduction of humus reserves in the soil profile (A + B), % of the initial	105/90	2	Average
The amount of toxic salts in the humus (arable) layer (%):	0,081	4	High
Projective cover of pasture vegetation, % of the zonal	75/50	3	Increased
Soil section 4			
Reduction of the physical clay content by an amount, % of the initial	20/13,5	2	Average
Reduction of the thickness of the soil profile (A + B), % of the initial	33/27	2	Average
Reduction of humus reserves in the soil profile (A + B), % of the initial	98/89	2	Average
The amount of toxic salts in the humus (arable) layer (%):	0,079	4	High
Projective cover of pasture vegetation, % of the zonal	75/40	3	Increased

CONCLUSIONS

The soils of all sections have varying degrees of resistance to mechanical stress, with varying stability in depth. At deeper horizons, soils show higher stability, while the upper layers often turn out to be less stable. This may be due to the mechanical degradation of the upper layers, which leads to increased erosion processes and deterioration of soil quality.

Degradation problems are particularly pronounced in the upper layers of the soil, which reduces their productivity and quality for agricultural use. A decrease in the projective vegetation cover also indicates a deterioration in the condition of pastures.

All the sections studied show signs of moderate soil degradation, which requires an integrated approach to restoring and improving the condition of soil resources.

This research was funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan under the framework of the program (Grant No.BR24993218).

REFERENCES

1. Yusupov, M. A. Desertification and land degradation: global and regional aspects// Environmental safety. – 2019. – T. 32. – № 4. – P. 124-130.
2. The UN. Convention on Combating Desertification. - New York, 2017. – 62 p.
3. Gorshkov V. S., Minaev A. I. Problems of desertification in Central Asia: Environmental and economic consequences// Ecology and nature management. – 2020. – T. 45. – № 2. – P. 22-28.
4. United Nations Environment Organization (UNEP)// Report on the global situation of land degradation. – Geneva, 2021. – 148 p.
5. Timofeev I. I., Stepanov D. P. Drylands of Central Asia: environmental and social threat// Natural resources and ecology. – 2022. – T. 11. – № 3. – P. 178-186.
6. The World Bank. Drylands and their sustainable use. – Washington, 2018. – 96 p.
7. Petrenko A. A. Water resources use in Central Asia: analysis and prospects// Water resources. – 2019. – T. 34. – № 5. – P. 54-63.
8. Ministry of Agriculture of Kazakhstan. Forecasts of climate change and its impact on agriculture. – Astana, 2020. – 54 p.
9. Mikhailov V. I., Kovalenko L. S. Land degradation and adaptation to climate change in Central Asia// Environmental issues. – 2021. – T. 27. – № 6. – P. 141-147.
10. Davydov M. A. Economic losses from desertification in Central Asia// Economics and ecology. – 2018. – T. 52. – № 1. – P. 33-39.
11. Ermolov V. L. Geochemical assessment of soil degradation in the Caspian region// Geoecology and Environmental Monitoring. – 2020. – T. 49. – № 2. – P. 102-108.
12. Tatsii Yu.G. Assessment of the state of the soil cover in the area of the Karabash copper smelter after its modernization// Geochemistry of landscapes and geography of soils. Reports of the All-Russian Sci.Con. - Moscow: Faculty of Geography, MSU, 2012. – P. 317-318.
13. Teng M., Liu L. Soil degradation in the Caspian Sea Basin: Implications for sustainable land management// Journal of Arid Environments. – 2014. – Vol. 113. – P. 65-73.
14. Drobyshev I., Kurasov A. Climate change and land degradation: The Caspian Sea region case study// Soil Science and Plant Nutrition. – 2010. – Vol. 56. – № 4. – P. 528-537.
15. Gavrilova E. N., Tregubova E. V. Human-induced soil degradation in the Caspian Sea region// Journal of Soil and Water Conservation. – 2008. – Vol. 63. – № 5. – P. 326-336.
16. Suleymanov M. G. Problems of desertification and methods of combating them in the Caspian region// Ecology and sustainable development. – 2015. – T. 23. – № 3. – P. 33-42.
17. Belyaev P. A. Soils and desertification in Central Asia: problems and solutions// Agriculture. – 2020. – T. 27. – № 1. – P. 12-18.

ТҮЙІН

Ы. Жакыпбек¹, М. Токтар^{1*}, М. Мәсімжан², Е.Т. Утеев³, С.В. Турсбеков¹,

Т.Б. Нурпеисова¹, Б.Б. Күмісханова¹

АТЫРАУ ОБЛЫСЫ МАҚАТ ШАРУА ҚОЖАЛЫҒЫ ТОПЫРАҚТАРЫНЫҢ
ДЕГРЕДАЦИЯҒА ҰШЫРАУ ҮРДІСТЕРІН ЗЕРТТЕУ

¹Satbayev University, 050013, Алматы, Сәтбаев көшесі, 22, Қазақстан,

*e-mail: toktar-soil@mail.ru

²Биомедициналық Зерттеулер Орталығы, әл-Фараби атындағы Қазақ
Ұлттық Университеті, 050040, Алматы, әл-Фараби даңғылы, 71, Қазақстан

³Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, 050000, Алматы, Абай
даңғылы, 8, Қазақстан

Мақат ауданында жүргізілген зерттеу топырақтың механикалық әсерге төзімділігін бағалауға мүмкіндік беретін гранулометриялық, өсімдік жамылғысы, топырақтың (А + В) қабатының өзгерістері және химиялық талдауларды қамтиды. Топырақ тұрақтылығын талдау нәтижелері барлық жер телімдеріндегі топырақтың жоғарғы қабаттары эрозияға және деградацияға бейім екенін көрсетті, бұл негізінен құм-балшықты гранулометриялық құрамның азаюына, гумустың жоғалуына және утты тұздардың жиналуына байланысты. Өсімдік жамылғысының сиреуі жайылымның қатты деградациясын көрсететкіші болып табылады. Нәтижелер топырақтың физикалық қасиеттерін жақсарту және тұздардың әсерін азайту сияқты топырақты сақтау әрекеттері осы экожүйелерді қалпына келтіру үшін маңызды екенін көрсетеді. Сонымен қатар далалық зерттеулер сұр-қоңыр тұзды және тұзды топырақтар басым болатын топырақ кескіндерінің әртүрлі түрлерін анықтады. Топырақтың бұл түрлері буферлік қабілетінің төмендігімен сипатталады, бұл деградация мәселесін одан әрі күшейтеді. Талдаулар көрсеткендей, аймақтағы топырақтың деградациясы орташа және жоғары дәрежеге ие. Механикалық әсер ету және жерді дұрыс пайдаланбау сияқты антропогендік факторлар деградация процесін едәуір жылдамдатады, бұл өз кезегінде экожүйелердің тұрақтылығын төмендетеді. Бұл факторлар топырақ сапасының нашарлауына және оның өнімділігінің жоғалуына әкеледі, бұл аймақтың бүкіл экожүйесіне тікелей теріс әсер етеді.

Түйінді сөздер: шөлейттену, топырақтың деградациясы, Каспий маңы аймағы, климаттық өзгерістер, экожүйелер, топырақ буферлігі.

РЕЗЮМЕ

Ы. Жакыпбек¹, М. Токтар^{1*}, М. Мәсімжан², Е.Т. Утеев³, С.В. Турсбеков¹,

Т.Б. Нурпеисова¹, Б.Б. Күмісханова¹

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДЕГРЕДАЦИИ ПОЧВ КРЕСТЬЯНСКОГО ХОЗЯЙСТВА
"МАКАТ" АТЫРАУСКОЙ ОБЛАСТИ

¹Satbayev University, 050013, Алматы,

ул. Сампаева, 22, Казахстан, *e-mail: toktar-soil@mail.ru²

²Центр биомедицинских исследований, Казахский Национальный университет
им. аль-Фараби, 050040, Алматы, пр. аль-Фараби, 71, Казахстан,

³Казахский национальный аграрный исследовательский университет,
050000, Алматы, пр. Абая, 8, Казахстан

Исследование, проведенное в Макатском районе, включает гранулометрический анализ, анализ растительности, изменения верхнего слоя почвы (А+В) и химические исследования, которые позволяют оценить устойчивость почвы к механическим воздействиям. Результаты анализа стабильности почвы показали, что верхние слои почвы на всех участках наиболее подвержены эрозии и деградации, в основном из-за снижения содержания глины, потери гумуса и накопления токсичных солей. Уменьшение

растительного покрова усугубляет проблему, указывая на серьезную деградацию пастбищ. Полученные данные свидетельствуют о том, что усилия по сохранению почв, такие как улучшение физических свойств и снижение воздействия солей, являются решающими для восстановления этих экосистем. Полевые исследования также выявили различные типы, среди которых преобладают серо-бурые солончаковые и солоноцовые почвы. Эти почвы характеризуются низкой буферной способностью, что еще больше усугубляет проблему деградации. Анализ показал, что деградация почв в регионе имеет умеренную и высокую степень. Антропогенные факторы, такие как механическое воздействие и неправильное использование земель, значительно ускоряют процесс деградации, который снижает устойчивость экосистем. Эти факторы приводят к ухудшению качества почвы и потере её продуктивности, что негативно сказывается на всей экосистеме региона.

Ключевые слова: опустынивание, деградация почв, прикаспийский регион, климатические изменения, экосистемы, буферность почв.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

1. Zhakypbek Yryszhan - professor at the Department of Mine Surveying and Geodesy, PhD, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2474-9927>, e-mail: y.zhakypbek@satbayev.university

2. Toktar Murat - associate professor at the Department of Mine Surveying and Geodesy, PhD, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0953-7491>, e-mail: toktar-soil@mail.ru

3. Massimzhan Muratzhan - Biomedical Research Centre, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-5760-1810>, e-mail: muratzhanmasimzhan@gmail.com

4. Uteyev Yerlan Tolgatovich - doctoral student, <https://orcid.org/0009-0006-7114-8354>, e-mail: erlashx@mail.ru

5. Tursbekov Serik - associate professor at the Department of Mine Surveying and Geodesy, candidate of technical sciences, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7320-5689>, e-mail: s.tursbekov@satbayev.university

6. Nurpeisova Toleuzhan Baibolovna - professor at the Department of Mine Surveying and Geodesy, candidate of technical sciences, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8162-6053>, e-mail: t.nurpeissova@satbayev.university

7. Kumiskhanova Balzhan Berikkyzy - master of cartographic sciences, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-7556-0578>, e-mail: b.kumiskhanova@satbayev.university

АГРОХИМИЯ

MFTA: 68.33.29:68.35.51

DOI: 10.51886/1999-740X_2025_3_82

А.Т. Айтбаева^{1*}, Т.Е. Айтбаев², Л.А. Бурибаева¹**ӨСІМДІКТЕРДІҢ ӨСУІН ҮДЕТКІШ ЖАҢА БИОПРЕПАРАТТАРДЫҢ КӨКӨНІСТІК
ТАМЫРЖЕМІСТІЛЕРДІҢ ТҰҚЫМДАРЫНЫҢ
САПАЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІНЕ ӘСЕРІ**

¹«Қазақ жеміс-көкөніс шаруашылығы ҒЗИ» ЖШС «Қайнар» аймақтық
филиалы, 040917, Алматы облысы, Қайнар, Қазақстан,

*e-mail: aitbaeva_a_86@mail.ru

²«Қазақ жеміс-көкөніс шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты» ЖШС,
050060, Алматы, Е. Серкебаев даңғылы, 62, Қазақстан

Аңдатпа. Берілген мақалада биологиялық препараттар кешенінің сәбіз және асханалық қызылша дақылдары тұқымдарының өсу параметрлеріне және фитопатологиялық жағдайына әсері зерттеліп, анықталды. Зертханалық зерттеу нәтижелері сәбіз және асханалық қызылша тұқымдарын биологиялық препараттар кешенімен себу алдында өңдеу, тұқымдардың өніп-өсу параметрлерін жақсартып, негізгі саңырауқұлақ аурулары деңгейін төмендетті анықталды. Зерттеу барысында тамыр жемістілер тұқымдарының өсу энергиясы мен өнгіштігі көрсеткіштерін жақсарту және негізгі саңырауқұлақ ауруларының түр құрамына қарсы себу алдында өңдеу үшін Фитолаза (1,0 мл/ 1 л) + Фитоспорин (2,0 г/1 л) және Целобацирин АС-24С (1,0 мл/1 л) + Фосфобацирин-С (1,5 мл/1 л) кешендерін қолдану тиімді болғаны анықталды.

Түйінді сөздер: өсімдіктің өсуін биологиялық үдеткіштер, биологиялық фунгицидтер, тұқымдар, сәбіз, асханалық қызылша, өсу энергиясы, өнгіштігі, саңырауқұлақ аурулары.

КІРІСПЕ

Ауыл шаруашылығында тұқымдарды сауықтырудың, олардың сапалық көрсеткіштерін арттырудың түрлі әдістері қолданылады, дегенмен, аса тиімді және қол жетімділеріне биологиялық үдеткіштермен жеке немесе биологиялық фунгицидтерді қосып, кешенді дәрілеу жатады. Тұқымдық материалды берілген тәсілдермен өңдеудің артықшылығы - биологиялық препараттарды органикалық егін шаруашылығында қолдануға рұқсат етілуімен түсіндіріледі. Биохимиялық көрсеткіштері жоғары экологиялық таза өнім алу - органикалық егіншіліктің басты міндеттеріне кіреді. Өнімділік дақылдың сұрыптық көрсеткіштеріне байланысты болғанымен, биологиялық үдеткіштерді қолдану арқылы, өсімдік генотипінде бастапқыда қарастырылған, бірақ,

белгілі бір сыртқы орта келеңсіз жағдайларына байланысты бәсеңдейтін әлеуетін күшейтуге болады. Көкөніс дақылдарының тұқымдарын алдын-ала өңдеу, тұқымдық материалдың өну уақытын қысқартып, өнгіштігін арттыруға мүмкіндік береді. Бұл өсімдіктердің барлық өніп-өсу, даму үрдістеріне және өнімділігіне оңтайлы әсер етеді. Себу үшін зертханалық өнгіштігі, өніп-өсу энергиясы мен өсу қарқындылығы көрсеткіштері жоғары тұқымдық материалды қолдану - келешекте тұрақты өнім қалыптастыра алатын, өміршеңдігі жоғары өсімдіктерді өсіруге оң ықпалын тигізеді.

Көптеген зерттеулер өсімдік шаруашылығында егістік өнгіштікті, тамыр және биологиялық жүйенің өсуі мен дамуын, жеміс салуын, жемістердің сапалық көрсеткіштері мен өнімділігін

жақсартатын құрал ретінде үдеткіштерді қолданудың тиімділігін дәлелдейді [1-7].

Биологиялық үдеткіштерді қолдану өсімдіктердің өсуі мен өнім қалыптастыру мүмкіндіктерін жақсартып, биотикалық күйзелістерден болатын кері әсерді төмендетуде инновациялық агрономиялық стратегия болып табылады.

Фунгицидтік әсері бар биологиялық кешенді препараттарды қолданғанда, өсімдіктермен қоректік заттардың сіңірілуі үрдістерінің жақсаруы мен патогенді микроорганизмдерге төзімділігінің артуы, дақылдың сапасы мен өнімділігіне оң әсерін тигізіп, экономикалық тиімділігін жоғарылата отырып, кірісті көбейтеді. Тұқымды себу алдында қорғайтын және өсуін қарқындататын композициялармен дәрілеу, тұқыммен таралған инфекциялар деңгейін төмендетіп, вегетациялық кезеңде өсімдіктердің иммунитет пен физиологиялық үрдістерін белсендете отырып, сол арқылы егістердің фитосанитарлық жағдайын жақсарту арқылы, химиялық қорғау құралдарын қолдануды 2-3 есе төмендетуге ықпал етеді.

Асханалық тамыржемістілер, соның ішінді сәбіз (*Daucus carota* L.) және қызылша (*Beta vulgaris* L.) балғын және қайта өңделген түрінде кеңінен пайдаланылатын құнды азықтық дақылдар болып табылады. Бұл дақылдар құрылымында биологиялық белсенді заттардың, С, В, РР дәрумендерінің, каротиноидтар мен антоциндардың, бетаин және басқа да минералды қоспалардың, органикалық қышқылдар, антиоксидаттар мен пектиндердің үйлесімді болуына байланысты аса үлкен сұранысқа ие. Заманауи зерттеулер сәбіз және асханалық қызылшаны тұтыну адам ағзасына оң әсер етіп, жүрек-қан тамырлары, бауыр, асқазан, өт жолдары жұмыстарын жақсартып,

холестерин мен артериалдық қысымды төмендетіп, ал құрамында антиоксиданттар мен темір қоспаларының болуына байланысты, ағзаны тазалап, анемияға қарсы аса тиімді келетіндігін көрсетеді [8, 9].

Асханалық тамыржемістілердің өнімділігі тұқымдық материалдың сапалық көрсеткіштері мен олардың өніп-өсуі жағдайларына тәуелді келеді. Ғылыми деректерге сүйенсек, сәбіз тұқымдары құрамында эфир майлары мен тежеуіш қоспалардың болуы тұқым өнгіштігін баяулатып, өнгіштігін 10-14 тәулікке ұзартады. Тұқымдарды биологиялық үдеткіштер және биофунгицидтермен себу алдында өңдеу, эфир майларының тежеуіш әсерін төмендетіп, өсу энергиясын арттыруға, өніп-өсуі үрдістерін қарқындатуға, тұқымдарды сауықтырып, келешекте егістіктердің фитосанитарлық жағдайларын жақсартуға оң ықпал етеді [10-13].

Гуминді, аминқышқылы және фульвоқышқылы, энзимдер мен пайдалы микроорганизмдер негізінде жасалған биологиялық препараттар өсімдіктердің стресстік факторлар мен патогендерге төзімділігін арттырып, физиологиялық үрдістерді белсендетіндігі дәлелденген [14-16].

Органикалық егіншілік жағдайында биологиялық үдеткіштерді қолдану өзекті болып табылады, себебі жақсартылған биохимиялық көрсеткіштерімен экологиялық қауіпсіз өнім қалыптастыруға ықпал етеді. Тұқымдарды биологиялық үдеткіштер және биофунгицидтермен себу алдында кешенді өңдеу тұқымдық материалдың егістік көрсеткіштерін арттырып қана қоймай, патогендермен залалдану деңгейін төмендетеді, бұл өз кезегінде егістіктердің фитосанитарлық жағдайына және мол өнім қалыптастыруға оң ықпалын тигізеді.

Сәбіз және асханадық қызылша дақылдарының заманауи сұрыптары-

ның генетикалық потенциалы айтарлықтай жоғары болғанымен, олардың шаруа қожалықтары жағдайында нақты өнімділігі орташа төмен деңгейде болуда. Бұл көрсеткіш қолайсыз ауа райы жағдайлары, стресстік факторлар, тұқымдық материалдардың төмен егістік көрсеткіштері сияқты бірнеше факторлармен байланысты келеді. Осыған орай, тұқымдардың егістік өнгіштігі мен өніп өсу энергиясын арттыру - өсімдіктердің бастапқы өсіп-дамуын анықтайтын шешуші көрсеткіш ретінде аса маңызды болып табылады. Туындаған мәселені шешуде биологиялық үдеткіштерді кешенді қолдану тұқымдардағы физиологиялық-биохимиялық үрдістерді оятып, қарқындататын, олардың өміршеңдігін ұзартып, зиянды патогендерге төзімділігін арттыратын аса тиімді бағыттардың бірі болып табылады. Сонымен қатар, биологиялық үдеткіштер тұқымдық көрсеткіштерді жақсартып қана қоймай, өсімдіктердің бірқалыпты өніп-өсуіне оң ықпал етеді.

Осыған орай, биологиялық препараттарды қолдану арқылы өнім сапасын арттырып, шаруашылық және экономикалық тиімділікті көтеруде биологиялық препараттарды қолдану арқылы тамыржемістілерді өндіру технологияларын интенсификациялау тиімді болады.

Жоғарыда айтылғандарды ескере отырып, зертханалық жағдайда жаңа биологиялық препараттар мен биофунгицидтердің сәбіз және асханалық қызылша тұқымдарының егістік сапасына және фитосанитарлық жағдайына кешенді бағалау бойынша жүргізілген ғылыми-зерттеулер аса өзекті болып табылады, ал алынған нәтижелер келешекте экологиялық таза және бәсекеге қабілеттілігі жоғары өнім алуда тамыржемісті дақылдарды өндірудің бейімделген технологияларында және органикалық өндірісінде қолдану үшін мүмкіндік береді.

МАТЕРИАЛДАР МЕН ӘДІСТЕР

Ғылыми зерттеулер Қазақстанның оңтүстік-шығысы Іле Алатауының солтүстік тау бөктерінде (теңіз деңгейінен 1000-1050 м) орналасқан «Қазақ жеміс және көкөніс шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты» ЖШС «Қайнар» өңірлік филиалы «Көкөніс дақылдарын өсіру технологиялары» (агрохимия және өсімдік қорғау тобы) бөлімінде зертханалық жағдайында жүзеге асырылды. Ғылыми мақалада 2025 жылдың мәліметтері келтірілді.

Зерттеу нысандары: сәбіз тұқымдары, асханалық қызылша тұқымдары, отандық және шетелдік биологиялық үдеткіштер, биологиялық фунгицидтер, тұқым өнгіштігі, тұқымның өсу энергиясы, саңырауқұлақ аурулары.

Зерттеу әдістемелері: асханалық тамыржемістілердің (сәбіз, қызылша) тұқымдарының егістік сапасын анықтау үшін ғылыми зерттеулер «Өсімдік шаруашылығы практикумы», 2018 ж. [17] және 12038 84 МСТ-да көрсетілген талаптарға сай орындалды [18].

Ғылыми тәжірибелерде сәбіз дақылының - Дербес, асханалық қызылшаның - Дария сұрыптары зерттелді.

Тұқымдардың зерттеу көрсеткіштері: тұқымдардың өніп-өсуі энергиясы (%), тұқым өнгіштігі (%), тұқымдардың фитосанитарлық жағдайы (патогенді организмдермен залалдануы, %).

Зерттеу жұмыстарын жүзеге асыру үшін қолданылған зертханалық құралдар: температура диапазоны 220°C құрайтын қыздыратын пеш; температура диапазоны 0-40°C құрайтын, желдеткіші бар термостат, диаметрі 1 мм құрайтын елек, тұқымдарды өсіретін арнайы ыдыстар, тазартылған құм, ылғалдандыратын құрылғы, үлкейткіш әйнек, сиымдылығы 500 мл цилиндр колбалары, сиымдылығы 1000 мл цилиндр колбалары, зертханалық таразы, тамызғыштар, қысқыштар, дәке, дистильденген су.

Асханалық тамыржемістілердің тұқымдарының өсу энергиясын мен өнгіштігін анықтау үшін, қалдықтар мен қоқыстардан тазартылған 100 дана тұқымнан 4 үлгі алынды. Тұқымдық материал алдын-ала дайындалған құмда және фильтр қағазында өсірілді. Құм субстраты дистилденген сумен жуылып, арнайы електен өткізіліп, 110°C температура жағдайында пеште 90 минут аралығында залалсыздандырылды. Құмды төсеніштер 60%-ға ылғалдандырылып, таразыда 300 грамм есебінен өлшеніп, арнайы ыдыстарға 2/3 биіктігі деңгейінде салынып, тегістелді. Тұқымдар, фракциясына байланысты 0,5-1,5 мм болатындай арақашықтықта қатарланып себілді.

Биологиялық препараттардың мөлшері, тұқымдарды бұқтыру уақытының ұзақтығы тәжірибе сұлбасына сәйкес жүзеге асырылды.

Тұқымдардың өсу параметрлерін анықтау үшін, сәбіз дақылында өніп-өсуі энергиясы мен өнгіштігі 7-тәулікте және 14-тәулікте, асханалық қызылша тұқымдары 5-тәулікте және 10-тәулікте зерттелді.

Қоздырғыштардың түр құрамын анықтау жұмыстары микроскоп құралын $\times 100$ және $\times 400$ -ке ұлғайту арқылы жүргізілді. Талдау кезінде үлгілер қоздырғыштардың мицелий, спора түзуі және конидийлерінің болуына зерттелді.

Залалданған тұқымдар санағы әр қайталанымда залалданған өскіндерді есептеу арқылы жүзеге асырылды.

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

Зерттелген биологиялық препараттардың қысқаша сипаттамасы:

Фитолаза - энзимдерден, элиситорлар, липо- және гликопротеин-

дерден, полипептидтерден, олигоқантардан, органикалық қышқылдар мен дәрумендерден тұрады. Тұқымның өнгіштігін, иммунитетін, өсу энергиясын арттырып, фитопатогендердің, соның ішінде фузариумның, альтернариоздың таралуын төмендетеді. Дақылдардың барлық түрлеріне қолдануға болады. Отандық препарат.

Целобацирин АС-24С - Целлюлолитикалық бактериялар өсімдіктердің өсіп-жетілуін ынталандырады және өсімдіктердің ауруын төмендетеді. Құрамы целлюлолитикалық бактериялардан, хелат қосылысындағы микро-мезоэлементтерден тұрады. Тамыржемістілердің тұқымдарды дәрілеу үшін және өсімдіктердің вегетациясы бойынша қолданылады. 100% табиғи, отандық өнім.

Фосфобацирин-С - биологиялық тыңайтқыш (инокулянт). Ауыл шаруашылығы дақылдарын фосфор тыңайтқышымен қоректендіру, өсу үрдістерін жақсарту және өнімділікті көтеру үшін қолданылады. Фосфордың ауыр сіңірілетін қоспаларын қолжетімді формаларына ауыстыру үшін қолданылатын фосфаттасымалдаушы бактериялар және хелат қоспасы түріндегі микро-мезо элементтерден тұрады. Тұқымды себу алдында дәрілеу үшін қолдануға болады. Отандық препарат. 100% табиғи өнім.

БиоСок Энерджи - (N):2.5% азоттан, (P_2O_5):1.2% фосфордан, (K_2O): 3.5% калийден, (Ca):1.5% кальцийден, (Mg):0.8% магнийден, - 15% органикалық қышқылдардан, микроэлементтерден (темір, мырыш, мыс, марганец және басқа) - 0.3%, рН: 6.0-7.0. Дақылдардың барлық түрлерінде тұқымды дәрілеу және вегетациялық кезең бойынша қолдануға жарамды. Экологиялық қауіпсіз, 100 % табиғи отандық препарат.

Gumat (калий гуматы) - құрамы 40% калий гуматынан және фульвоқышқылынан тұрады. Соынмен қатар,

препарат құрамына тұқым мен өсімдіктердің өніп-өсу үрдістерін қарқындатын ақуыз, илік заттектер, микроэлементтер (Fe, Zn, Ca, Cu, Mn, Mo, Si, Co, B) кіреді. Экологиялық қауіпсіз. Отандық препарат.

Scudo - органикалық қышқылдармен қосылған хелат формасы түріндегі мыс (Cu^{2+}) негізінде жасақталған үдеткіш, түйісетін фунгицид. Құрамы 9% суда еритін мыстан, 11% күкірттен, 3.5% органикалық азоттан, 9% аминқышқылдары және пептидтерден, 38% органикалық заттардан тұратын, рН 9 тең, тұқымда ауру қоздырғыштардың белсенділігі мен дамуын төмендететін биологиялық препарат. Экологиялық қауіпсіз. Италияда өндірілген.

Фитоспорин - саңырауқұлақ және бактериалды аурулардың кең спектрін (фузариоз, альтернариоз, бактериоз, тамыр шірігі, ризоктониоз, ақ ұнтақ) жоя алатын тірі бактериялар (*Bacillus subtilis*, 2×10^9 КОЕ/г. төмен емес) негізінде жасалған биологиялық фунгицид. *Bacillus subtilis* табиғи антибиотиктерді (субтилин және ицикловир) бөлу арқылы патогенді организмдерді жояды, тамыр аймағы (ризосфера) мен тұқым айналасын колонизациялау арқылы патогендерді ығыстырады, өсімдіктердің иммунитетін күшейтеді. Экологиялық қауіпсіз. Өндірушісі Башқортостан, Ресей.

Копперт TRIANUM-P - өсімдіктерді қорғайтын биологиялық препарат, биофунгицид. Асханалық тамыржемісті дақылдарда қолданылады. Тұқымның бетіндегі және ризосферадағы патогендерді жоюға арналған. Фузариоз, ризоктониоз, альтернариоз, тамыр шірігіне қарсы тиімді. Тамырдың өсуін қарқындатады. Биологиялық үдеткіштермен үйлесімді. Экологиялық қауіпсіз. Өндіруші - Нидерланд Корольдігі.

Фитолавин - *Streptomyces lavendulae* табиғи антибиотигінен жасалған

жүйелі биофунгицид және антибактериалды препарат. Өсімдіктерді саңырауқұлақ және бактериалды аурулардан қорғау үшін қолданылады. Тамыр шірігі ауруының таралуын төмендетеді. Көптеген биоүдеткіштермен үйлесімді. Құрамында мыс әсер етуші заты бар препараттармен қосуға болмайды. Ресейде шығарылған. Экологиялық қауіпсіз өнім.

Тәжірибе сұлбасы:

Т 1 - Бақылау нұсқасы (сумен өңдеу), ерітіндіде ұстау уақыты - 60 минут.

Т 2 - Фитолаза, 1,0 мл/ 1 л суға + Фитоспорин, 2,0 г/ 1 л суға, ерітіндіде ұстау уақыты - 60 минут.

Т 3 - Целобацирин АС-24С, 1,0 мл/ 1 л суға + Фосфобацирин-С, 1,5 мл/ 1 л суға, ерітіндіде ұстау уақыты - 60 минут.

Т 4 - Scudo, 1,5 мл/1 л суға, ерітіндіде ұстау уақыты - 30 минут.

Т 5 - Gumat (кальций гуматы), 5,0 мл/1 л суға + Фитолавин, 2,0 мл/ 1 литр суға, ерітіндіде ұстау уақыты - 60 минут.

Т 6 - Биосок Энерджи, 10 мл/ 1 литр суға + Копперт, 5,0 грамм/ 1 литр суға, ерітіндіде ұстау уақыты - 60 минут.

НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ

Тұқымдардың өсуі және дамуы өсімдіктер онтогенезінің бастапқы және аса маңызды сатысы болып табылады. Себебі, бұл аралықта тұқым тыныштық жағдайынан белсенді даму сатысына ауысады, келешек өсімдіктердің өсу параметрлері, ортаға бейімделгіштігі, өнімділігі және сапалық көрсеткіштері қалыптасады. Осы орайда, тұқымдық материалды себуге дайындау - негізгі және аса жауапты іс-шара ретінде қарастырылуы қажет.

Жүргізілген зерттеу нәтижелері сәбіз тұқымдарын биологиялық препараттар кешенімен себу алдында өңдеу, тұқымның егістік көрсеткіштерін жақсартатынын көрсетті. Зертханалық

талдау барысында тек сумен өңделген сәбіз тұқымдарының өсу энергиясы небәрі 64,9%, ал орташа өнгіштігі 77,3%-ды құрады. Бұл зертханалық жағдайда өңделмеген тұқымдардың егістік сапасының деңгейін шартты айқындайды.

Сыналған препараттар бойынша өсу энергиясының ең жоғары көрсеткіштері Т3 және Т2 нұсқаларында тіркелді. Сәбіз тұқымдарын өңдеу үшін Целобацирин АС-24С (1,0 мл/ 1 л)+Фосфобацирин-С (1,5 мл/1) кешенін қолданғанда, тұқымның өніп-өсуі - 73,9%-ға, ал өнгіштігі - 87,2%-ға, ал Фитолаза (1,0 мл/1 л)+Фитоспорин (2,0 г/1 л) препараттарында - 74,1% және 88,4%-ға артты. Зерттеу нұсқаларындағы тұқымдардың өніп-өсу үрдістерінің қарқындауы, үдеткіштер құрамындағы биологиялық белсенді заттар мен антогонистік микрофлораның ферменттердің белсенділігінің артуы және су мен қоректік элементтердің жеңіл сіңірілуіне ықпал етуімен байланысты болуы мүмкін.

Т5 (Кальций гуматы + Фитолавин) және Т6 (Биосок Энерджи + Копперт) тәжірибе нұсқаларында зерттеу көрсеткіштері сәл төмен болды, дегенмен, бақылаумен (Т1) салыстырғанда, тұқымдардың өнгіштігі 9,18%-ға және 9,96%-ға сәйкесінше артты. Зерттеу нұсқалары бойынша тиімділігі бойынша ең төмен нәтиже Т 4 нұсқасында (Скудо, 1,5 мл/1 л) белгіленді - 70,8%. Дегенмен, Т1 (өңделмеген бақылау) нұсқасымен салыстырғанда, тұқымның өніп-өсуі 9,1%-ға жоғарылады. Жалпы, барлық зерттелген нұсқалар тұрақты оң нәтижелер көрсетіп, бақылаумен салыстырғанда биологиялық препараттар кешенін қолданғанда, сәбіз тұқымдарының өніп-өсуі энергиясы - 9,1-14,18%-ға, ал өнгіштігі - 6,86-14,36%-ға жоғарылағаны анықталды. Тәжірибе нұсқаларында екі негізгі көрсеткіштердің статистикалық дәлділігі бойынша айырмашылық $p \leq 0,05$ аралығында болды. Дисперсиялық талдау нәтижесі Т2 және Т3 нұсқаларының жоғары тиімділігін көрсетті (кесте 1).

Кесте 1 - Биологиялық препараттар кешенінің сәбіз тұқымдарының өсу энергиясына және өнгіштігіне әсері

Тәжірибе нұсқалары	Тұқымдардың өніп-өсу энергиясы (7-тәулікте)					Тұқымдардың өнгіштігі (14-тәулікте)				
	1	2	3	4	орташа,%	1	2	3	4	орташа,%
Т1	62,5	67,3	63,8	66,0	64,9	75,1	79,5	76,7	77,9	77,3
Т2	72,0	76,4	73,5	74,5	74,1	86,0	90,9	87,5	89,2	88,4
Т3	74,7	71,9	73,0	76,2	73,9	88,7	83,4	86,6	90,1	87,2
Т4	68,2	73,0	69,7	72,3	70,8	80,8	85,0	81,1	83,5	82,6
Т5	70,0	74,5	71,9	72,5	72,2	81,3	87,6	84,0	84,7	84,4
Т6	70,5	74,8	71,5	73,7	72,6	82,7	88,0	83,3	85,9	85,0
Тұқымның өніп-өсу энергиясы Anova results					F-фактор 11,73	Шынайы ($p \leq 0,05$)				P-мәні 0,000038
Тұқым өнгіштігі Anova results					F-фактор 11,21	Шынайы ($p \leq 0,05$)				P-мәні 0,000050
Тәжірибе дәлдігі, m% НСР 0,95					1,11 2,10	Шынайы ($p \leq 0,05$)				1,28 2,85

Зертханалық зерттеу нәтижелері асханалық қызылша тұқымын түрлі биологиялық препараттар кешенімен дәрілеу, олардың өсу параметрлеріне оң әсер ететінін көрсетеді.

Тиімділігі бойынша барлық зерттелген биологиялық препараттар бақылаудан жоғары болғанымен, олардың өзара әсерлері әртүрлі келді. Тьюки бойынша өңдеу нәтижесі Т2 және Т5 нұсқаларының бақылаудан анық жоғары келгенін ($p \leq 0,05$) растады. Фитолазаны, 1,0 мл/л мөлшерінде Фитоспорин, 2,0 г/л биологиялық фунгицидмен үйлестіріп қолданғанда, тұқымдардың өнгіштігі 91,1%-ды құрап, бақылау нұсқасынан 9,5%-ға артқан. Өнгіштігі бойынша ең жоғарғы көрсеткіш те осы нұсқада белгіленіп, бақылаудан 8,7%-ға жоғарылады (96,7%). Бұндай нәтижелер тұқымдардың өсуін белсендетуде және өміршеңдігін арттыруда биоүдет-

кіш пен биологиялық фунгицидтер кешенінің айқын үдеткіш және залалсыздандыру әсерін бергенін көрсетеді. Тұқымдық көрсеткіштерді жақсарту бойынша жоғары нәтижелер Т5 (Кальций гуматы + Фитолавин) нұсқасында да белгіленді. Бұл жерде тұқымның өсуі энергиясы 90,4%-ды, ал өнгіштігі - 95,7%-ды құрады. Бұндай әсер гуминді қоспалар тиімділігімен және биофунгицидті қолдану арқылы патогендердің азаюымен түсіндіріледі. Тұқымдарды дәрілеу мақсатында Целобацирин АС-24С + Фосфобацирин-С отандық биологиялық препараттарын қолданғанда, тұқым өнгіштігі бақылау нұсқасымен салыстырғанда 6,4%-ға (94,4%), ал өсу энергиясы 8,5%-ға (90,1%) артты. Бұл бактериалды препараттардың тұқым өңдеу үшін қолдануда жоғары тиімділігін дәлелдейді (кесте 2).

Кесте 2 - Биологиялық препараттар кешенінің асханалық қызылша тұқымдарының өсу энергиясына және өнгіштігіне әсері

Тәжірибе нұсқалары	Тұқымдардың өніп-өсуі энергиясы (5-тәулікте)					Тұқымдардың өнгіштігі (10-тәулікте)				
	1	2	3	4	орташа, %	1	2	3	4	орташа, %
T1	83,6	81,1	82,0	79,7	81,6	90,8	87,2	89,5	84,6	88,0
T2	90,7	93,0	91,5	89,3	91,1	96,4	98,3	97,1	95,0	96,7
T3	89,8	89,0	90,2	91,4	90,1	93,5	92,1	94,0	96,6	94,4
T4	89,9	91,7	87,5	88,2	89,3	94,8	98,5	91,0	91,3	93,9
T5	91,2	87,6	93,1	89,7	90,4	97,9	92,4	95,6	97,0	95,7
T6	87,7	90,4	86,3	90,0	88,6	91,2	96,0	90,5	94,8	93,1
Тұқымның өніп-өсу энергиясы Anova results					F-фактор =15,69	Шынайы ($p \leq 0,05$)				P-мәні= 0,00000 5
Тұқым өнгіштігі Anova results					F-фактор =5,73	Шынайы ($p \leq 0,05$)				P-мәні= 0,0025
Тәжірибе дәлдігі, m% НСР 0,95					1,14 2,69	Шынайы ($p \leq 0,05$)				1,54 3,82

Көптеген зерттеулер нәтижелері ауыл шаруашылығы дақылдарын биологиялық препараттармен кешенді өңдеу тұқым өнгіштігін арттырып қана қоймай, өскіндердің фитосанитарлық жағдайын жақсартатындығын көрсете-

ді [19-21]. Тұқымдық материалды биологиялық фунгицидтермен себу алдында өңдеу - инфекциялық фонды айтарлықтай төмендетеді. Осы орайда, құрамында пайдалы микроорганизмдері (мысалы, *Bacillus subtilis*,

Trichoderma harzianum және басқа), фитопротекторлар мен иммунқарқын-датушы әсері бар препараттарды қолдану аса тиімді болуы мүмкін.

Зертханалық жағдайда фитопатологиялық талдау нәтижелері алдын-ала залалсыздандырылған тұқымдарда ауру белгілерімен өніп шыққан өскіндер санының бақылаумен салыстырғанда едәуір төмен болғандығын көрсетті. Дәріленбеген сәбіз тұқымдарында ауру белгілері 2,7% өскіндерде тіркелсе, сыналған препараттар бойынша - небәрі 1,2-1,6% аралығында болды.

Зерттеу нұсқалары бойынша бақылау-мен салыстырғанда, альтернариоз ауруының деңгейі 8,16-30,61%-ға, фузариозбен ауырған тұқымдар саны 18,31-36,62%-ға төмендеді. Атап айтқанда, өніп-өсудің бастапқы сатысында барлық сыналған препараттар аурулар-дың таралуы деңгейін бәсеңдететін-дігін көрсетеді, дегенмен, тиімділігі бойынша сау өскіндердің ең жоғары үлесі мен өнбей қалған тұқымдардың ең төменгі пайызын Т2 және Т3 нұсқалары берді (кесте 3).

Кесте 3 - Биологиялық препараттардың сәбіз тұқымдарының фитосанитарлық көрсеткіштеріне әсері

Тәжірибе нұсқа-лары	Барлығы өніп шыққан, %	Соның ішінде		Аурудан жойылған, %		Өнбей қалған, %
		сау, %	ауру белгіле-рімен өніп шыққандары, %	<i>Alternaria dauci</i>	<i>Fusarium spp.</i>	
T1	77,3	74,6	2,7	4,9	7,1	10,7
T2	88,4	87,2	1,2	4,1	5,3	2,2
T3	87,2	85,7	1,5	3,9	5,8	3,1
T4	82,6	81,4	1,2	3,8	4,7	8,9
T5	84,4	82,8	1,6	3,4	4,5	7,7
T6	85,0	83,5	1,5	4,5	5,7	4,8
Anova results				<i>F-фактор</i> = 10,24 <i>P-мәні</i> =0,0004	<i>F-фактор</i> =12,47 <i>P-мәні</i> =0,0002	
				Шынайы ($p \leq 0,05$)	Шынайы ($p \leq 0,05$)	

Асханалық қызылша дақылында фузариоз патогенінің таралуы (*Fusarium spp.*) аса қауіпті болып есептеледі, себебі өсімдіктердің онтогенезінің барлық сатысында - тұқымдарының өніп-өсуі-нен бастап - тамыржемістерді сақтауға салу кезінде зақым келтіруі мүмкін.

Асханалық қызылша тұқымдарын биологиялық фунгицидтермен дәріле-генде, жалған ақ ұнтақ ауруымен ауыр-ған өскіндер санының минимальді көрсеткіші Т2 (0,8%) нұсқасында белгі-ленген, бұл Т1 (бақылау) нұсқасынан 3,0%-ға статистикалық ерекшеленеді.

Фузариоз бойынша залалданған өсім-діктер үлесінің тұрақты төмендеуі бақылаумен салыстырғанда Т1 (4,2%), Т2 (1,1%) және Т5 (2,0%) нұсқаларында белгіленді. Дисперсиялық талдау нәти-жесі бойынша егістік және фитосани-тарлық көрсеткіштер жиынтығы бойынша ең тиімді тәжірибе нұсқалары Т2 және Т5 болып табылады (кесте 4).

Тәжірибеде қолданылған биоло-гиялық препараттардың тиімділігін зерттеу бойынша алынған нәтижелер дәлдігін статистикалық өңдеу дәлел-дейді ($p \leq 0,05$).

Кесте 4 - Биологиялық препараттардың асханалық қызылша тұқымдарының фитосанитарлық көрсеткіштеріне әсері

Тәжірибе нұсқалары	Барлығы өніп шыққан, %	Соның ішінде		Аурудан жойылған, %		Өнбей қалған, %
		сау, %	ауру белгілері-мен өніп шыққандары, %	<i>Erysiphe betae</i>	<i>Fusarium spp.</i>	
T1	88,0	86,1	1,9	3,0	4,2	4,8
T2	96,7	95,4	1,3	0,8	1,1	1,4
T3	94,4	92,9	1,5	1,0	1,6	3,0
T4	93,9	92,5	1,4	1,2	1,7	3,2
T5	95,7	94,4	1,3	1,1	2,0	1,2
T6	93,1	92,0	1,1	1,0	1,4	4,5
Anova results				<i>F-фактор</i> = 9,88	<i>F-фактор</i> =7,14	
				<i>P-мәні</i> =0,0006	<i>P-мәні</i> = 0,0017	
				Шынайы ($p \leq 0,05$)	Шынайы ($p \leq 0,05$)	

ҚОРЫТЫНДЫ

Ғылыми-зерттеу нәтижелері асханалық тамыржемісті дақылдар (сәбіз, қызылша) тұқымдық материалдарын биологиялық үдеткіштер мен биологиялық егіншілікте қолдануға рұқсат етілген фунгицидтер ерітінділерінде себу алдында бұқтыру, тұқымдардың өсу энергиясы мен өнгіштігі параметрлерін жақсартып, өскіндердің зиянды патогендермен залалдану деңгейін төмендететіндігін көрсетті. Биологиялық фунгицидтердің тамыржемістілерде кездесетін негізгі саңырауқұлақ ауруларының түр құрамына оң әсері анықталды.

Сәбіз тұқымдарын биологиялық препараттар кешенімен өңдегенде, бақылаумен салыстырғанда, тәжірибе нұсқалары бойынша өсу энергиясы 4,3-5,8%-ға, өнгіштігі - 5,3-11,1%-ға, асханалық қызылша тұқымдары бойынша - 7,0-9,5% және 5,1-8,7%-ға артты.

Зертханалық жағдайда фитопатологиялық талдау нәтижелері тамырже-

містілер тұқымдарын кешенді биопрепараттармен себу алдында өңдеу, бақылаумен салыстырғанда альтернариоз ауруының деңгейін 8,16-30,61%-ға, фузариозды 18,31-36,62%-ға, асханалық қызылша тұқымдарында - ақ ұнтақты 60,0-73,3%-ға, ал фузариозды - 52,38-73,8%-ға төмендеткені белгіленді.

Алынған сынақ нәтижелері тұқымдардың өсу параметрлері мен фитопатологиялық көрсеткіштерін жақсарту үшін Т 2 (Фитолаза, 1,0 мл/ 1 л + Фитоспорин, 2,0 г/ 1 л) және Т3 (Целобацирин АС-24С, 1,0 мл/1 л + Фосфобацирин-С, 1,5 мл/1 л) нұсқаларындағы препараттарды қолданудың аса тиімді екенін көрсетті.

Қорыта келгенде, зерттелген биологиялық препараттар кешенінің тамыржемістілер тұқымдарын өңдеу үшін қолданудың агрономиялық тұрғыдан тиімділігі жоғары және келешекте өндірісте қолдану үшін перспективті болатынын растайды.

Ғылыми-зерттеу жұмыстары «Қазақстан Республикасында ауыл шаруашылығы өнімдерінің органикалық өндірісінің технологиялық дамуын ғылыммен қамтамасыз ету» тақырыбындағы 2024-2026 жж. ғылыми-техникалық бағдарлама (ЖТН №22885418) аясында жүргізілді.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Рябчинская Т.А. Средства, регулирующие рост и развитие растений в агротехнологиях современного растениеводства// Агрохимия. - 2017.-№12.-С.62-92.
2. Шаповал О.А. Регуляторы роста растений в сельском хозяйстве// Защита и карантин растений. - 2019. - № 4. - С. 9-14.
3. Айтбаева А.Т., Айтбаев Т.Е., Бурибаева Л.А., Манабаева У.А. Биологиялық препараттардың көкөніс дақылдарының тұқымдарының өсу энергиясына және өнгіштігіне әсері// Почвоведение и агрохимия. - 2024. - № 4. - С. 72-84.
4. Makhaye G., Mofokeng M.M., Tesfay S., Aremu A.O., Van Staden J., Stephen A.O. Influence of plant biostimulant application on seed germination// Biostimulants for Crops from Seed Germination to Plant Development. - 2021. - P. 109-135.
5. Muhie S.H., Memis N., Ozdamar C., Gokdas Z., Demir I. Biostimulant priming for germination and seedling quality of carrot seeds under drought, salt and high temperature stress conditions// International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences. - 2021. - Vol. 5, № 3. - P. 352-359.
6. Masondo N.A., Kulkarni M.G., Finnie J.F., Van Staden J. Influence of biostimulants-seed-priming on *Ceratotheca triloba* germination and seedling growth under low temperatures, low osmotic potential and salinity stress// Ecotoxicology and Environmental Safety. - 2018. - Vol. 147. - P. 43-48.
7. Акбаралиев Ш. Важность применения биостимуляторов в сельском хозяйстве// Экономика и социум. - 2021. - № 7 (86). - С. 204-206.
8. Chen L., Zhu Y., Hu Z., Wu S., Jin C. Beetroot as a functional food with huge health benefits: Antioxidant, antitumor, physical function, and chronic metabolomics activity// Food Science & Nutrition. - 2021. - Vol. 9. - P. 6406-6420.
9. Acharya J., Gautam S., Neupane P., Niroula A. Pigments, ascorbic acid, and total polyphenols content and antioxidant capacities of beet (*Beta vulgaris*) microgreens during growth// International Journal of Food Properties. - 2021. - Vol. 24. - P. 1175-1186.
10. Golubkina N., Zayachkovsky V., Markova M., Fedotova M., Alpatov A., Skrypnik L., Nadezhkin S., Otilia C.M., Tallarita A.V. Effect of Plant Biostimulants on Beetroot Seed Productivity, Germination, and Microgreen Quality// Crops. - 2025. - Vol. 5, № 3. - Article number 23.
11. Kholikov A.I., Ergashev I.T. The effect of biostimulants on the productivity of the development of the growth of khashaki beets// International Journal of Scientific Researchers. - 2024. - Vol. 5, № 2. - P. 56-63.
12. Литвинова А.Б. Эффективность применения регуляторов роста и микроэлементного комплекса Цитовит при выращивании моркови на дерново-подзолистой почве// Агрохимия. - 2019. - № 4. - С. 46-53.
13. Skliar V., Kyrylchuk K., Zubtsova I., Novikova A., Yaroshchuk Ya. Application of biostimulants in agriculture: Effects on plant growth and yield// Scientific Horizons. - 2024. - Vol. 27, № 9. - P. 73-85.
14. Arioli T., Mattner S.W., Islam M.T., Tran T.L.C., Weisser M., Winberg P., Cahill D.M. Applications of seaweed extracts in agriculture: An Australian perspective// Journal of Applied Phycology. - 2023. - Vol. 36, № 2. - P. 713-726.
15. Braziene Z., Paltanavicius V., Avizienytė D. The influence of fulvic acid on spring cereals and sugar beets seed germination and plant productivity// Environmental Research. - 2021. - Vol. 195. - Article number 110824.
16. Baltazar M., Correia S., Guinan K.J., Sujeeth N., Bragança R., Gonçalves B. Recent advances in the molecular effects of biostimulants in plants: An overview// Biomolecules.

- 2021. - Vol. 11, № 8. - Article number 1096.

17. Әрінов Қ.К., Можаяев Н.И., Шестакова Н.А., Ысқақов М.Ә., Серікпаев Н.А. Өсімдік шаруашылығы практикумы. - Астана: Фолиант, 2018. - Б. 10-12. ISBN 978-601-302-841-5.

18. GOST 12038-84 [Электронды ресурс]. Режим доступа: docs.cntd.EN/document/ URL://www://https: gost-12038-8. - Date of treatment -25.11.2017, свободный.

19. Hassan M.A.A., El Kholy M.F., Abdel Fattah G.M., et al. Biological control of damping-off and root rot diseases caused by Rhizoctonia solani in cucumber using Bacillus subtilis, Trichoderma spp., Pseudomonas fluorescens and Streptomyces spp.// Fayoum Journal of Agricultural Research and Development. - 2021. - Vol. 35, № 3. - P. 525-541.

20. Станчук А.Э., Войтка Д.В. Эффективность средств защиты растений и микроудобрения в ограничении вредоносности болезней корнеплодов моркови столовой в период длительного хранения// Овощеводство. -2022.-№30. -С.191-199.

21. Влияние биостимуляторов на урожайность и качество корнеплодов свеклы столовой в условиях западной лесостепи Украины// Сельскохозяйственная наука. - 2021. - № 1. - С. 81-85.

REFERENCES

1. Ryabchinskaya T.A. Sredstva, reguliruyushchiye rost i razvitiye rasteny, v agrotekhnologiyakh sovremennogo rasteniyevodstva// Agrokhimiya. - 2017. - № 12. - S. 62-92.

2. Shapoval O.A. Regulatory rosta rasteny v selskom khozyaystve// Zashchita i karantin rasteny. - 2019. - № 4. - S. 9-14.

3. Aytbayeva A.T., Aytbayev T.E., Buribayeva L.A., Manabayeva U.A. Biologiyalyk preparattardyn kokonis dakylarynyn tukymdarynyn osu energiyasyna zhәне ongishtigine aseri// Pochvovedeniye i agrokhimiya. - 2024. - № 4. - S. 72-84.

4. Makhaye G., Mofokeng M.M., Tesfay S., Aremu A.O., Van Staden J., Stephen A.O. Influence of plant biostimulant application on seed germination// Biostimulants for Crops from Seed Germination to Plant Development. - 2021. - P. 109-135.

5. Muhie S.H., Memis N., Ozdamar C., Gokdas Z., Demir I. Biostimulant priming for germination and seedling quality of carrot seeds under drought, salt and high temperature stress conditions// International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences. - 2021. - Vol. 5, № 3. - P. 352-359.

6. Masondo N.A., Kulkarni M.G., Finnie J.F., Van Staden J. Influence of biostimulants-seed-priming on Ceratotheca triloba germination and seedling growth under low temperatures, low osmotic potential and salinity stress// Ecotoxicology and Environmental Safety. - 2018. - Vol. 147. - P. 43-48.

7. Akbaraliyev Sh. Vazhnost primeneniya biostimulyatorov v selskom khozyaystve// Ekonomika i sotsium. - 2021. - № 7 (86). - S. 204-206.

8. Chen L., Zhu Y., Hu Z., Wu S., Jin C. Beetroot as a functional food with huge health benefits: Antioxidant, antitumor, physical function, and chronic metabolomics activity// Food Science & Nutrition. - 2021. - Vol. 9. - P. 6406-6420.

9. Acharya J., Gautam S., Neupane P., Niroula A. Pigments, ascorbic acid, and total polyphenols content and antioxidant capacities of beet (Beta vulgaris) microgreens during growth// International Journal of Food Properties. - 2021. - Vol. 24. - P. 1175-1186.

10. Golubkina N., Zayachkovsky V., Markova M., Fedotova M., Alpatov A., Skrypnik L., Nadezhkin S., Otilia C.M., Tallarita A.V. Effect of Plant Biostimulants on Beetroot Seed

Productivity, Germination, and Microgreen Quality// Crops. - 2025. - Vol. 5, № 3. - Article number 23.

11. Kholikov A.I., Ergashev I.T. The effect of biostimulants on the productivity of the development of the growth of khashaki beets// International Journal of Scientific Researchers. - 2024. - Vol. 5, № 2. - P. 56-63.

12. Litvinova A.B. Effektivnost primeneniya regulyatorov rosta i mikroelementnogo kompleksa Tsitovit pri vyrashchivani morkovi na dernovo-podzolistoy pochve// Agrokhiimiya. - 2019. - № 4. - S. 46-53.

13. Skliar V., Kyrylchuk K., Zubtsova I., Novikova A., Yaroshchuk Ya. Application of biostimulants in agriculture: Effects on plant growth and yield// Scientific Horizons. - 2024. - Vol. 27, № 9. - P. 73-85.

14. Arioli T., Mattner S.W., Islam M.T., Tran T.L.C., Weisser M., Winberg P., Cahill D.M. Applications of seaweed extracts in agriculture: An Australian perspective// Journal of Applied Phycology. - 2023. - Vol. 36, № 2. - P. 713-726.

15. Braziene Z., Paltanavicius V., Avizienytė D. The influence of fulvic acid on spring cereals and sugar beets seed germination and plant productivity// Environmental Research. - 2021. - Vol. 195. - Article number 110824.

16. Baltazar M., Correia S., Guinan K.J., Sujeeth N., Bragança R., Gonçalves B. Recent advances in the molecular effects of biostimulants in plants: An overview// Biomolecules. - 2021. - Vol. 11, № 8. - Article number 1096.

17. Arinov K.K., Mozhayev N.I., Shestakova N.A., Yskakov M.A., Serikpayev N.A. Osimdik sharuashylygy praktikumy. - Astana: Foliant, 2018. - B. 10-12. ISBN 978-601-302-841-5.

18. GOST 12038-84 [Elektrondy resurs]. Rezhim dostupa: docs.cntd.EN/document/URL://www://https: gost-12038-8. - Date of treatment -25.11.2017, svobodny.

19. Hassan M.A.A., El Kholy M.F., Abdel Fattah G.M., et al. Biological control of damping-off and root rot diseases caused by Rhizoctonia solani in cucumber using Bacillus subtilis, Trichoderma spp., Pseudomonas fluorescens and Streptomyces spp.// Fayoum Journal of Agricultural Research and Development. - 2021. - Vol. 35, № 3. - P. 525-541.

20. Stanchuk A.E., Voytka D.V. Effektivnost sredstv zashchity rasteny i mikroudobreniya v ogranichenii vredonosnosti bolezney korneplodov morkovi stolovoy v period dlitelnogo khraneniya// Ovoshchevodstvo. - 2022. - № 30. - S. 191-199.

21. Vliyaniye biostimulyatorov na urozhaynost i kachestvo korneplodov svekly stolovoy v usloviyakh zapadnoy lesostepi Ukrainy// Selskokhozyaystvennaya nauka. - 2021. - № 1. - S. 81-85.

РЕЗЮМЕ

А.Т. Айтбаева^{1*}, Т.Е. Айтбаев², Л.А. Бурибаева¹

ВЛИЯНИЕ НОВЫХ СТИМУЛИРУЮЩИХ РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ БИОПРЕПАРАТОВ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЕМЯН ОВОЩНЫХ КОРНЕПЛОДОВ

¹«Региональный филиал «Кайнар» ТОО «Казахского НИИ плодородия»,
040917Алматинская область, п. Кайнар, Казахстан, *e-mail: aitbaeva_a_86@mail.ru

²ТОО «Казахский НИИ плодородия», 050060, Алматы, Е. Серкебаева, 62,
Казахстан

В статье приведены данные результатов исследований по влиянию комплекса биологических препаратов на ростовые параметры и фитопатологическое состояние семян культур моркови и столовой свеклы за 2025 год. По результатам лабораторных

исследований было установлено, что предпосевная обработка семян моркови и свеклы столовой комплексом биологических препаратов улучшали ростовые параметры и снижали уровень развития основных грибных болезней. В процессе исследований было установлено, что в качестве предпосевной обработки семян для повышения показателей энергии прорастания и всхожести, а также снижения видового состава основных грибных болезней высокую эффективность показали комплексы препаратов - Фитолаза, 1,0 мл/ 1 л + Фитоспорин, 2,0 г/ 1 л и Целобацирин АС-24С, 1,0 мл/1 л + Фосфобацирин-С, 1,5 мл/1 л.

Ключевые слова: биологические стимуляторы роста растений, биологические фунгициды, семена, морковь, свекла столовая, энергия прорастания, всхожесть, грибные болезни.

SUMMARY

A.T.Aitbayeva^{1*}, T.Ye.Aitbayev², L.A.Buribayeva¹

INFLUENCE OF NEW PLANT GROWTH-STIMULATING BIOPREPARATIONS ON THE QUALITY INDICATORS OF VEGETABLE ROOT CROP SEEDS

¹*Regional branch «Kainar» of the «Kazakh Research Institute of fruit and vegetable growing» LLP, 040917, Almaty region, Kainar vil., Kazakhstan,*

**e-mail: aitbaeva_a_86@mail.ru*

²*LLP «Kazakh Research Institute of fruit and vegetable growing», 050060, Almaty,
E. Serkebaeva, 62, Kazakhstan*

The article presents research data on the effects of a complex of biological preparations on the growth parameters and phytopathological condition of carrot and table beet seeds in 2025. Based on the results of laboratory studies, it was established that pre-sowing treatment of carrot and table beet seeds with a complex of biological preparations improved growth parameters and reduced the incidence of major fungal diseases. The study revealed that, as a pre-sowing seed treatment aimed at enhancing germination energy and seed germination rate, as well as reducing the species composition of major fungal pathogens, the most effective were the combinations of preparations: Phytolaza, 1.0 ml/L + Phytosporin, 2.0 g/L, and Celobacirin AS-24C, 1.0 ml/L + Phosphobacirin-C, 1.5 ml/L.

Keywords: biological plant growth stimulators, biological fungicides, seeds carrot, table beet, germination energy, germination rate, fungal diseases.

АВТОРЛАР ТУРАЛЫ МӘЛІМЕТТЕР

1. Айтбаева Ақбөпе Теміржанқызы - көкөніс дақылдарын өндіру технологиялары бөлімінің жетекші ғылыми қызметкері, PhD докторы, қауымдастырылған профессор, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3829-2937>, e-mail: aitbaeva_a_86@mail.ru

2. Айтбаев Теміржан Ерқасымұлы - басқарма төрағасы, ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы, ҚР ҰҒА академигі, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9725-985X>, e-mail: aitbayev.t@mail.ru

3. Бөрібаева Лаура Әбдірейқызы - көкөніс дақылдарын өндіру технологиялары бөлімінің жетекші ғылыми қызметкері, а.ш.ғ. кандидаты, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-47-81-9515>, e-mail: buribaeva_l_66@mail.ru

ГРНТИ 68.05, 68.33

DOI: 10.51886/1999-740X_2025_3_95

A. D. Gazizov¹, A. S. Sakzbek¹, A. K. Mukangaliyeva^{1,2}, A. S. Kenzheshov⁴,
A. Amanzholkzy^{1,2*}, G. A. Saparov^{1,3}

**STUDY OF THE INFLUENCE OF ORGANOMINERAL FERTILIZER- AMELIORANTS
BASED ON NATURAL ALUMINOSILICATES AND BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES
ON THE GROWTH OF *PHASEOLUS VULGARIS*. PART 2.**

¹Research Centre of Ecology and Environment of Central Asia (Almaty),
050060. Almaty, al-Farabi ave., 75B, Kazakhstan, *e-mail: arai13_95@list.ru

²Al-Farabi Kazakh National University, 050040, Almaty, al-Farabi ave., 71,
Kazakhstan

³Kazakh Research Institute of Soil Science and Agrochemistry named after
U.U. Uspanov, 050060, Almaty, al-Farabi ave., 75B, Kazakhstan

⁴Wroclaw University of Science and Technology, 50370, Wroclaw, Wybrzeze
Stanislawa Wyspianskiego st., 27, Poland

Abstract. The study presents the results of investigating the influence of novel organomineral fertilizer-ameliorants based on expanded vermiculite and biologically active substances (humic substances, the microalga *Chlorella vulgaris*, and an animal-derived protein hydrolysate) on the growth of common bean (*Phaseolus vulgaris*). Pot experiments were conducted on degraded soils of the Otyrar district of the Turkestan region. It was demonstrated that the application of the fertilizer-ameliorants promoted an increase in total biomass, root mass, leaf number, and plant height compared to the control. The Vermi-KB treatment produced the most pronounced effect, leading to an 80.6% increase in plant dry biomass compared to the control. The use of Vermi-CV also showed a pronounced positive result (an increase in raw biomass by 58.0%). The results confirm the effectiveness of the developed fertilizer-ameliorants and their potential for increasing the fertility of degraded soils.

Keywords: common bean (*Phaseolus vulgaris*), organomineral fertilizers, soil amendment, expanded vermiculite, humic substances, *Chlorella vulgaris*, protein hydrolysate.

INTRODUCTION

Kazakhstan is one of the largest arid countries in Eurasia, where the combination of an arid climate, historical plowing of the steppes and modern intensive land use creates high soil vulnerability [1-2].

In the arid and semi-arid regions of southern Kazakhstan, the limited leaching regime, combined with excessive application of mineral salts and inefficient irrigation, accelerates secondary salinization and alkalization, with salts rising capillarily and accumulating in the upper soil horizons [3].

In this regard, the development of fertilizer-ameliorants based on natural materials allows farmers to provide nutrients to their crops and minimize the use of synthetic chemical fertilizers and pesticides.

In the work of the authors [4], research was conducted to study the influence of organomineral fertilizer-ameliorants based on expanded vermiculite and humic substances on the growth of corn plants. This work is a continuation of the study of the influence of new organomineral fertilizer-ameliorants on the growth and development of agricultural crops on different types of soil. For the production of organomineral fertilizer-ameliorants, expanded vermiculite was used as a carrier of biologically active substances. Humic substances, *Chlorella vulgaris* microalgae and domestically produced animal protein hydrolysate were used as biologically active compounds and plant growth stimulants.

The use of *Chlorella* spans a wide range of human activities: in agriculture as a plant growth stimulant, in the food industry, in medicine and cosmetology, for wastewater treatment and water body rehabilitation, as well as for oxygen production and biofuel generation. The ability of green algae to enhance plant physiological activity and development offers promising prospects for their practical application [5, 6].

Biopolymer wastes of animal origin can be efficiently processed into biofertilizers rich in amino acids, peptides, and beneficial microorganisms. Such fertilizers not only provide nutrients to plants but also improve soil structure and microbiological balance, thereby reducing the need for chemical fertilizers and supporting sustainable agriculture. The application of protein hydrolysates as fertilizers, feed additives, and biomaterials aligns with the concept of a circular economy and sustainable agriculture.

The aim of this study is to develop an organomineral fertilizer-ameliorants based on expanded vermiculite and biologically active substances, as well as to investigate their effect on the growth of common beans.

MATERIALS AND METHODS

The organomineral fertilizer-ameliorants was produced using industrially expanded vermiculite (Kulantau deposit, Avenue LLP). Expanded vermiculite of grade M-150 was used in the study with the following characteristics: bulk density – up to 140 kg/m³, particle size distribution – from 0.1 to 7.0 mm, and water-holding capacity – 345.0%. The moisture content of the initial material ranged from 0.15 to 0.8%.

As biologically active substances, commercially produced potassium humate (Black Biotechnology LLP), a strain of the planktonic green alga *Chlorella vulgaris* SKO (Scientific and Technological Water Center LLP), and an animal-derived protein hydrolysate (Bionika 25 LLP) were used,

followed by their immobilization on expanded vermiculite.

These materials were subsequently used in pot experiments to assess their impact on the growth of common bean plants. The following abbreviations are used in the text of the article: Vermi – expanded vermiculite, HS – potassium humate, CV – *Chlorella vulgaris* SKO, KB – protein hydrolysate.

The method of preparing the ameliorant-fertilizer included the following stages. The weighed portions of expanded vermiculite were dried to a constant weight. Then a solution of biologically active substances (BAS) was added to the carrier with constant stirring. The volume of the solution was 80% of the maximum moisture capacity of vermiculite, which ensured its complete and uniform absorption. After processing, the resulting preparation was incubated for 24 hours to achieve equilibrium distribution of the biologically active substances in the carrier matrix. At the final stage, the samples were dried to an air-dry state at room temperature.

Thus, the following biologically active substances were immobilized on expanded vermiculite to obtain ameliorant fertilizers:

1. Humic substances (Vermi-HS).
2. Strain of planktonic green algae *Chlorella vulgaris* (Vermi-CV).
3. Humic substances and a strain of planktonic green algae *Chlorella vulgaris* (Vermi-HS-CV).
4. Hydrolyzed animal protein (Vermi-KB).

Soil. For the vegetation experiment, the soil was collected in the Shauldir rural district of the Otyrar region of the Turkestan region (coordinates 42°42'20"N 68°20'06"E), in the desert soil zone used in irrigated agriculture (figure 1).

The plot is intensively used in agriculture, in recent years, corn and pumpkin crops have been grown here, there is no

crop rotation. It is characterized by a low content of humus (0.78–1.40%), total nitrogen (0.07–0.09%) and phosphorus (0.13–0.15%), and a relatively high content of potassium (2.45–2.52%). In the upper horizon (0–25 cm) there is an increased accumulation of nitrate nitrogen (44.08 mg/kg), mobile phosphorus (37.5 mg/kg) and exchangeable potassium (580 mg/kg). The soil has a slightly alkaline reaction (pH

7.39–7.61). The overall salinity is low (0.16–0.24%), but the sulfate content exceeds the toxic level (1.81–3.26 mg-eq), indicating weak sulfate salinity. According to its particle size distribution, the soil is classified as heavy loam with a high content of physical clay (56.5%). The soil's field capacity (FC), determined in accordance with RD 52.33.219–2002 [7], was 25%.

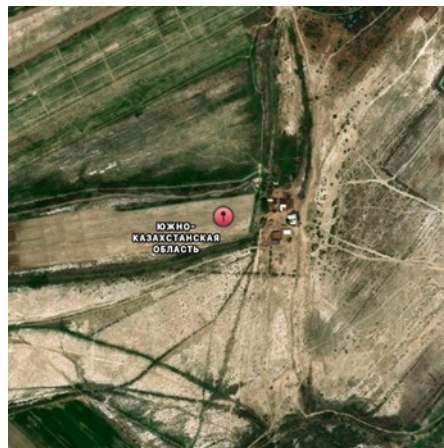


Figure 1 – Soil sampling site, Shaulder village, Otyrar district, Turkestan region (42°42'20"N 68°20'06"E)

Before setting up the experiment, the soil was prepared in the generally accepted way: dried in the air, cleaned of foreign impurities, sifted through a sieve (2 mm) and thoroughly mixed.

Preparation of substrates and setting up a vegetation experiment.

The procedure for preparing substrates for pot experiments is presented in table 1.

Table 1 - Composition of experimental substrate variants

Substrates	Soil, ml	Vermi, ml	HS, ml	CV, ml	KB, ml	Ameliorant-fertilizer, ml
1. Soil (control)	500.0	-	-	-	-	-
2. Soil + Vermi	450.0	50.0	-	-	-	-
3. Soil + HS	500.0	-	0.41	-	-	-
4. Soil + CV	500.0	-	-	0.41	-	-
5. Soil Vermi - HS	450.0	-	-	-	-	50.0
6. Soil + Vermi - CV	450.0	-	-	-	-	50.0
7. Soil + Vermi - HS - CV	450.0	-	-	-	-	50.0
8. Soil + Vermi - KB	450.0	-	-	-	-	50.0
9. Soil + KB	500.0	-	-	-	0.41	-

The amount of expanded vermiculite and each biologically active substance (BAS) introduced into the substrate precisely corresponded to their calculated mass fraction in the final fertilizer-ameliorants.

The vegetation experiment was carried out in plastic containers with a volume of 0.8 L. A drainage layer of expanded clay (60 g) and a separating fabric layer were placed at the bottom of the containers. Common bean (*Phaseolus vulgaris*) was used as the test crop. In experimental variants, vermiculite and fertilizer-ameliorants were added in an amount of 10% of the total volume of the substrate. In this case, in variants 3, 4 and 9, the content of biologically active components (HS, CV, KB) corresponded to their formulation in the composition of each specific ameliorant. The control variant was pure soil.

The experiment was carried out in triplicate. The soil moisture in the control variant was maintained at 60% of the FC. To equalize the light conditions, the containers were regularly rotated.

At the end of the vegetation period, a full biometric analysis of the plants was carried out: the length of shoots, the number of leaves were measured, the raw and dry weight of the above-ground and underground parts were determined.

Research methods.

The total humus content was determined using Tyurin's method, based on the oxidation of humus with a sulfate solution of potassium dichromate, the excess of which is titrated with a solution of Mohr's salt [8].

Total nitrogen (N) according to the Kjeldahl method is calculated from the amount of sulfuric acid used for titration of ammonium borate [9].

Determination of mobile forms of phosphorus and potassium was carried out using the Machigin method. The method is based on extracting mobile phosphorus

and potassium compounds from the soil with an ammonium carbonate solution at a concentration of 10 g/dm³ at a soil-to-solution ratio of 1:20, followed by the determination of phosphorus in the form of a blue phosphorus-molybdenum complex using a photoelectric colorimeter, and potassium using a flame photometer [10].

The pH of the soil suspension medium was measured potentiometrically according to [11].

The carbonate content was determined according to [12]. The essence of the method consists of titration with a sulfuric acid solution in an aqueous extract of carbonate ions to pH 8.3, and bicarbonate to pH 4.4.

The exchangeable bases Ca²⁺ and Mg²⁺ were determined complexometrically using Trilon B (EDTA) [13].

Potassium (K⁺) and sodium (Na⁺) were determined by flame photometry [14]. Sodium was measured at analytical lines of 589.0 and 589.9 nm, and potassium at 766.5 and 769.9 nm.

During the main growth and development phases of common bean plants, biometric measurements and plant sampling were carried out to study growth and development dynamics under the influence of different types of fertilizer-amendments

RESULTS AND DISCUSSION

The development of fertilizer-ameliorants based on natural minerals immobilized by biologically active substances makes it possible to obtain a synergistic effect by enhancing the ameliorative properties of natural minerals and the fertilizing properties of biologically active compounds.

The conducted vegetation experiment allowed us to obtain comprehensive data on the influence of various variants of organomineral fertilizer-ameliorants on the growth and development of common bean plants. The results of biometric measurements, presented in table 2, as

well as in figures 2-7, demonstrate pronounced differences between the experimental variants and the control.

Data analysis shows that the application of pure expanded vermiculite already has a positive effect on bean growth compared to the control soil. An increase was observed in total fresh biomass by 31.13%, stem mass by 28.81%, and leaf mass by 38.82%, which is associated with the improvement of the physicochemical properties of the substrate. Expanded vermiculite increases the soil's water-holding capacity and aeration, thereby creating more favorable conditions for root system development and plant growth as a whole.

The application of biologically active substances without a carrier showed mixed results. Potassium humate (HS) in its pure form had a significant positive effect, increasing the total raw weight by 41.56% and the leaf weight by 51.05%. At the same time, the application of pure *Chlorella vulgaris* suspension (CV) led to negative dynamics of root system development to -8.33% of the control and the lowest total dry weight among all variants by 18.91%. This may be due to the rapid degradation and insufficient preservation of algae cells in the soil without a protective carrier, which leads to competitive or allelopathic interactions in the early stages of plant development.



a



b



Figure 2 – Pot experiments of the common bean plants (a). Measurement of the biometric data of the common bean plants (b)

The most indicative results are those of the application of ameliorant fertilizers, where expanded vermiculite acted as a carrier for biologically active substances. The combination of vermiculite with *Chlorella vulgaris* showed high efficiency. This variant demonstrated the maximum increase in the raw mass of stems and leaves by 59.66% and 70.04%, respectively (figure 3). There is also a significant increase in total raw and dry biomass by 57.98% and 73.27%, respectively (figure 6).

The greatest effect in terms of accumulation of dry biomass is observed in the variant with an ameliorant-fertilizer based on expanded vermiculite and Vermi-

KB protein hydrolysate. The increase in total dry mass relative to the control was 80.55%, which is the maximum value among all the studied variants. Also, in this variant the highest absolute values of dry mass of stems 0.15 g, and leaves 0.13 g, as well as the maximum stem width of 2.53 mm were recorded (figure 6). Such a significant effect is probably due to the direct entry into the soil of readily available forms of nitrogen (amino acids and peptides) from the hydrolysate, which, being immobilized on expanded vermiculite, prevents their rapid leaching and provides prolonged nutrition to the plant.

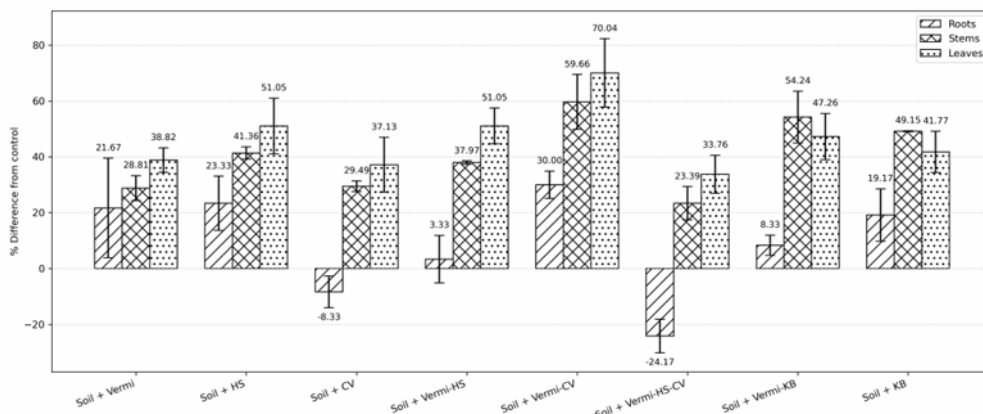


Figure 3 – Effect of substrate composition on the raw mass of vegetative organs of common beans

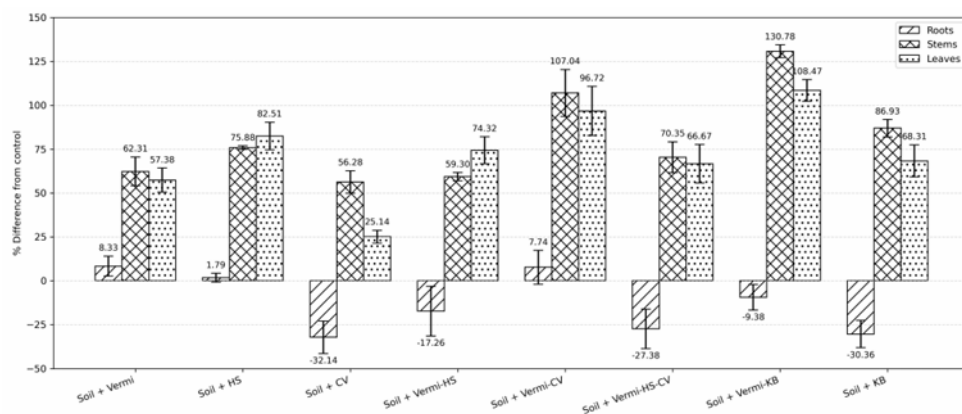


Figure 4 – Effect of substrate composition on dry mass of vegetative organs of common beans

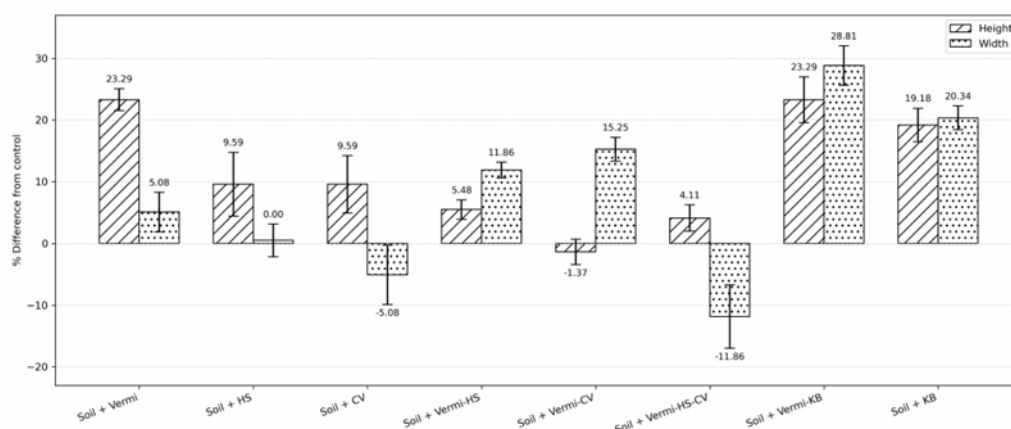


Figure 5 – Effect of substrate composition on the growth parameters of common bean (*Phaseolus vulgaris*) compared to the control

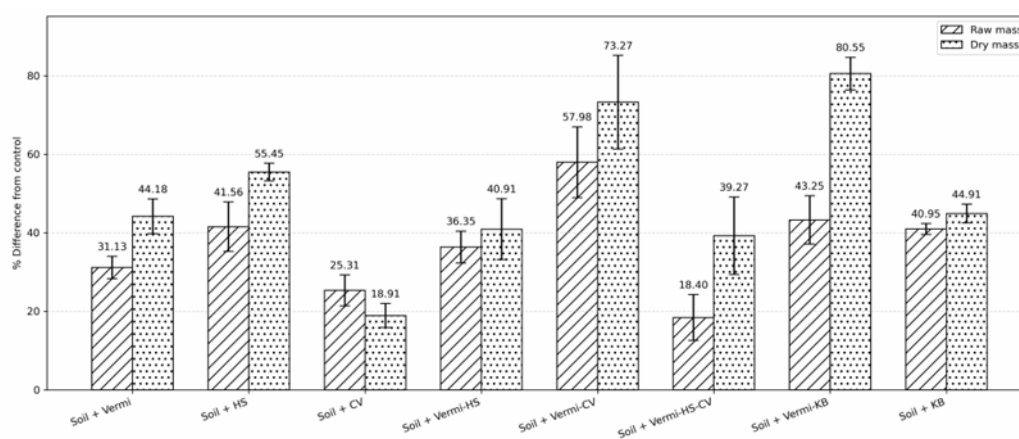


Figure 6 – Effect of substrate composition on the accumulation of total raw and dry biomass of common bean (*Phaseolus vulgaris*) compared to the control

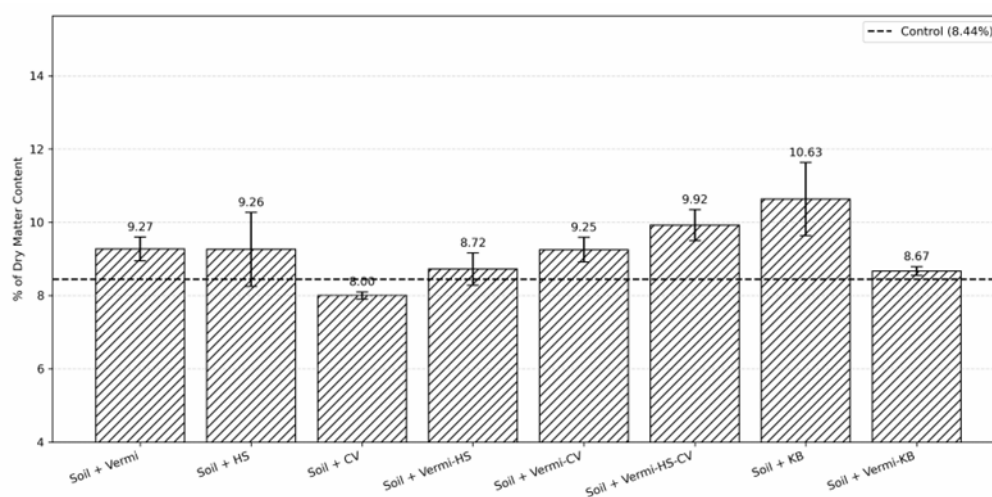


Figure 7 – Dry matter content in common bean plants depending on the composition of the substrate

Table 2 – Effect of different substrates on morphometric growth parameters of common bean plants

Substrates	Total raw weight, g	Raw weight of roots, g	Raw weight of stems, g	Raw weight of leaves, g	Number of leaves, pcs.	Stem width, mm	Plant height from root collar to stem, cm	Total dry weight, g	Dry weight of roots, g	Dry weight of stems, g	Dry weight of leaves, g	Total dry matter content, %
1. Soil (control)	2.17	0.40	0.98	0.79	5	1.97	24.33	0.18	0.06	0.07	0.06	8.44
2. Soil + Vermi	2.85	0.49	1.27	1.10	5	2.07	30.00	0.26	0.06	0.11	0.10	9.27
3. Soil + HS	3.08	0.49	1.39	1.19	6	1.97	26.67	0.29	0.06	0.12	0.11	9.26
4. Soil + CV	2.72	0.37	1.27	1.08	4	1.87	26.67	0.22	0.04	0.10	0.08	8.00
5. Soil + Vermi-HS	2.96	0.41	1.36	1.19	5	2.20	25.67	0.26	0.05	0.11	0.11	8.72
6. Soil + Vermi-CV	3.43	0.52	1.57	1.34	6	2.27	24.00	0.32	0.06	0.14	0.12	9.25
7. Soil + Vermi-HS-CV	2.57	0.30	1.21	1.06	5	1.73	25.33	0.26	0.04	0.11	0.10	9.92
8. Soil + Vermi-KB	3.11	0.43	1.52	1.16	6	2.53	30.00	0.33	0.05	0.15	0.13	10.63
9. Soil+ KB	3.06	0.48	1.47	1.12	4	2.37	29.00	0.27	0.04	0.12	0.10	8.67

An interesting finding is the reduced effectiveness observed with the combined immobilization of humic substances and *Chlorella* on vermiculite (Vermi-HS-CV). In most parameters, this treatment performed worse not only than Vermi-CV and Vermi-KB (figure 3–5) but also than pure expanded vermiculite. This may be explained by possible sorption or chemical interactions between the components (HS and CV cells), which reduce their biological availability and activity.

Thus, the obtained results clearly indicate that not a simple addition, but namely immobilization of biologically active substances on the matrix of expanded vermiculite is the key factor of efficiency. The best results were shown by the fertilizer-ameliorants Vermi-CV and Vermi-KB (figure 5-7), which makes them the most promising for further research and practical application in the conditions of irrigated agriculture on saline and degraded soils of Southern Kazakhstan.

CONCLUSION

Based on the research conducted, the following conclusions can be drawn:

New compositions of organomineral fertilizer-ameliorants have been developed based on expanded vermiculite immobili-

zed with humic substances, a suspension of *Chlorella vulgaris* and a hydrolyzed protein of animal origin.

It has been established that all developed fertilizer-ameliorants have an effect on the growth indicators of common beans, however, the degree of influence varies significantly depending on the composition.

The greatest stimulating effect on growth processes and accumulation of biomass of common beans is provided by ameliorants based on vermiculite in combination with *Chlorella vulgaris* (Vermi-CV) and protein hydrolysate (Vermi-KB).

The Vermi-KB variant demonstrated maximum efficiency, providing an increase in the total dry biomass of plants by 80.55% compared to the control, as well as the highest absolute values of the dry mass of vegetative organs.

The results confirm the prospects of using vermiculite as an effective carrier for biologically active substances and emphasize the relevance of further research on the developed organomineral fertilizer-ameliorants under field conditions for the rehabilitation of degraded and saline agricultural lands.

This research was funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant Project AP23489073).

REFERENCES

1. Kolluru V., John R., Chen J., et al. Dominant role of grazing and snow cover variability on vegetation shifts in the drylands of Kazakhstan// Communications Earth & Environment. – 2024. – Vol. 5. – Article 424. – 12 p.
2. Koza M., Funk R., Pöhlitz J., et al. Wind erosion after steppe conversion in Kazakhstan// Soil & Tillage Research. – 2024. – Vol. 236. – Article 105941. – 14 p.
3. Mukhamediev R. I., et al. Soil Salinity Estimation for South Kazakhstan Based on SAR Sentinel-1 and Landsat-8/9 OLI Data with Machine Learning Models// Remote Sensing. – 2023. – Vol. 15, No. 17. – Article 4269. – 21 p.
4. Gazizov A.D., Amanzholkyzy A., Amirov B.M., Saparov G.A. Impact of organomineral fertilizers-ameliorants based on natural aluminosilicates and biologically active substances on a corn growth. Part 1.// Soil Science and Agrichemistry. – 2024. – № 4. – P. 85-98.

5. Özdemir S., Sukatar A., Öztekin G.B. Production of *Chlorella vulgaris* and its effects on plant growth, yield and fruit quality of organic tomato grown in greenhouse as biofertilizer// Journal of Agricultural Sciences – Tarim Bilimleri Dergisi. – 2016. – Vol. 22, № 4. – P. 596-605.
6. Safi C., Zebib B., Merah O., Pontalier P.Y., Vaca-Garcia C. Morphology, composition, production, processing and applications of *Chlorella vulgaris*: A review// Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2014. – Vol. 35. – P. 265–278.
7. RD 52.33.219 – 2002. Rukovodstvo po opredeleniyu agrogidrologicheskikh svoistv pochvy. – SPb.: Izd. Gidrometeoizdat, 2004. - 150 p.
8. ST RK 3477-2019. Opredelenie gumusa po metodu I.V. - Nur-Sultan: KazInSt, 2019. - 26 p.
9. GOST 26107-84. Metody opredeleniya obwego azota (Soils. Methods for determination of total nitrogen). - M.: Izd. standartov, 1984, - 11 p.
10. GOST 26205-91. Soils. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium by Machigin method modified by CINAQ. - M.: Izd. standartov, 1992, - 10 p.
11. GOST 26423-85. Soils. Methods for determination of specific electric conductivity, pH and solid residue of water extract. - M.: Izd. standartov, 1985, - 7 p.
12. GOST 26424-85. Soils. Method for determination of carbonate and bicarbonate ions in water extract. - M.: Izd. standartov, 1985, - 4 p.
13. GOST 26428-85. Soils. Methods for determination of calcium and magnesium in water extract). - M.: Izd. standartov, 1985, - 8 p.
14. GOST 26427-85. Soils. Method for determination of sodium and potassium in water extract. M.: Izd. standartov, 1985, - 4 p.

ТҮЙІН

А.Д. Газизов¹, Ә.С. Сахбек¹, А.К. Муканғалиева^{1,2}, А.С. Кенжешов⁴,
А. Аманжолқызы^{1,2*}, Г.А. Сапаров^{1,3}

ТАБИҒИ АЛЮМОСИЛИКАТТАР МЕН БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ ЗАТТАРДЫҢ
НЕГІЗІНДЕ ЖАСАЛҒАН ОРГАНОМИНЕРАЛДЫҚ ТЫҢАЙТҚЫШ-МЕЛИОРАНТТАРДЫҢ
PHASEOLUS VULGARIS ӨСІМДІГІНІҢ ӨСУІНЕ ӘСЕРІ. 2 БӨЛІМ.

¹Орталық Азия экология және қоршаған орта ғылыми-зерттеу орталығы
(Алматы), 050060, Алматы, әл-Фараби даңғылы, 75 В, Қазақстан,

*e-mail: arai13_95@list.ru

²Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, 050040, Алматы,
әл-Фараби даңғылы, 71, Қазақстан

³Ө.О. Оспанов атындағы Қазақ топырақтану және агрохимия ғылыми-
зерттеу институты, 050060, Алматы, әл-Фараби даңғылы, 75В, Қазақстан,

⁴Вроцлав технологиялық университеті, 50370, Вроцлав, Выспаньский
Станислав жағалауы көшесі, 27, Польша

Жұмыста кеңейтілген вермикулит және биологиялық белсенді заттар (гуминдік заттар, микробалдырлар *Chlorella vulgaris*, гидролизденген жануар ақуызы) негізіндегі жаңа органоминералды тыңайтқыш-мелиоранттарының кәдімгі бұршақтың (*Phaseolus vulgaris*) өсуіне әсерін зерттеу нәтижелері берілген. Түркістан облысы Отырар ауданының бұзылған топырақтарында құмыра тәжірибелері жүргізілді. Тыңайтқыш-мелиоранттарын енгізу бақылаумен салыстырғанда өсімдіктердің жалпы биомассасының, тамыр массасының, жапырақ санының және биіктігінің өсуіне ықпал ететіні көрсетілді.

Өсімдіктердің құрғақ биомассасы 80,6%-ға өскен Vermi-KB нұсқасын қолданғанда ең жоғары нәтиже алынды. Vermi-CV қолдану да айқын оң нәтиже көрсетті (шикі биомассаның 58,0%-ға артуы). Нәтижелер әзірленген тыңайтқыш-мелиоранттардың тиімділігін және олардың бұзылған топырақтардың құнарлылығын арттыруға мүмкіндіктерін растайды.

Түйінді сөздер: бұршақ, органоминералды тыңайтқыштар, мелиорант, кеңейтілген вермикулит, гуминді заттар, *Chlorella vulgaris*, ақуыз гидролизаты.

РЕЗЮМЕ

А.Д. Газизов¹, Ә.С. Сахбек¹, А.К. Мукангалиева^{1,2}, А.С. Кенжешов⁴,

А. Аманжолқызы^{1,2*}, Г.А. Сапаров^{1,3}

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ-МЕЛИОРАНТОВ НА
ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ АЛЮМОСИЛИКАТОВ И БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ
ВЕЩЕСТВ НА РОСТ РАСТЕНИЙ PHASEOLUS VULGARIS. ЧАСТЬ 2.

¹Научно-исследовательский центр экологии и окружающей среды
Центральной Азии (Алматы), 050060, Алматы, пр. аль-Фараби, 75В, Казахстан,

*e-mail: arai13_95@list.ru

²Казахский Национальный университет имени аль-Фараби, 050040, Алматы,
пр. аль-Фараби, 71, Казахстан

³Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии
имени У.У. Успанова, 050060, Алматы, пр. аль-Фараби, 75В, Казахстан

⁴Вроцлавский политехнический университет, 50370, Вроцлав, ул. Wybórзеже
Станислава Выспаньского, 27, Польша

В работе представлены результаты изучения влияния новых органоминеральных удобрений-мелиорантов на основе вспученного вермикулита и биологически активных веществ (гуминовые вещества, микроводоросль *Chlorella vulgaris*, гидролизат белка животного происхождения) на рост фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris*). Лабораторные опыты проведены на деградированных почвах Отырарского района Туркестанской области. Показано, что внесение органоминеральных удобрений-мелиорантов способствует увеличению общей биомассы, массы корней, количества листьев и высоты растений по сравнению с контролем. Наиболее высокий эффект получен при использовании варианта Vermi-KB, где сухая биомасса растений увеличилась на 80,6 %. Использование Vermi-CV также показало выраженный положительный результат (увеличение сырой биомассы на 58,0 %). Результаты подтверждают эффективность разработанных органоминеральных удобрений-мелиорантов и их потенциал для повышения плодородия деградированных почв.

Ключевые слова: фасоль обыкновенная, органоминеральные удобрения, мелиорант, вспученный вермикулит, гуминовые вещества, *Chlorella vulgaris*, гидролизат белка.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

1. Gazizov Aidyn Doldashevich – head of the scientific research laboratory of the LLP “Research Centre of Ecology and Environment of Central Asia (Almaty)”, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-8763-5632>, e-mail: gaziz.aydin@gmail.com

2. Sakhbek Adilet Sarkytbekuly – researcher of the laboratory LLP “Research Centre of Ecology and Environment of Central Asia (Almaty)”, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-3670-8828>, e-mail: Sakhbek@bk.ru

3. Mukangaliyeva Assem Kuryshovna – researcher of the laboratory LLP “Research Centre of Ecology and Environment of Central Asia (Almaty)”, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-2507-4428>, e-mail: asem_mukangaliyeva@bk.ru

4. Kenzheshov Almaz Sundetuly – master student of the Wroclaw University of Science and Technology, Wroclaw, Poland, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-6485-9068>, e-mail: almaz200335@gmail.com

5. Amanzholkyzy Arailym – scientific secretary of the LLP “Research Centre of Ecology and Environment of Central Asia (Almaty)”, scientific researcher of the Al-Farabi Kazakh National University, Master of chemistry, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4052-1436>, e-mail: arai13_95@list.ru

6. Saparov Galymzhan Abdullayevich – Director General of the LLP “Research Centre of Ecology and Environment of Central Asia (Almaty)”, Head of the soil ecology department LLP “U.U. Uspanov Kazakh Research Institute of Soil Science and Agrochemistry”, Candidate of Agricultural Sciences, associate professor, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6392-2032>, e-mail: saparov.g@mail.ru

ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ

ГРНТИ 68.29.07

DOI: 10.51886/1999-740X_2025_3_107

В.Н. Гусев^{1*}, С.Б. Кененбаев^{1*}, Б.М. Амангалиев¹, А.М. Сагимбаева¹,**К.У. Рустемова¹****ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛОМЫ В БОГАРНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ ЮГО-ВОСТОКА
КАЗАХСТАНА***¹ТОО «Казахский научно-исследовательский институт земледелия и
растениеводства», 040909 Алматинская область, Карасайский район,**п. Алмалыбак, ул. Ерлеспесова, 1, Казахстан,***e-mail: agfaagro@mail.ru; serikkenenbayev@mail.ru*

Аннотация. Актуальность и необходимость использования соломы в качестве удобрения в богарных условиях юго-востока Казахстана обусловлены ухудшением потенциального плодородия почв, снижением содержания органического вещества и отрицательным балансом основных элементов минерального питания в пахотном горизонте вследствие недостаточного применения минеральных и органических удобрений. В данной обзорной статье рассматриваются основные механизмы влияния соломы на почву и её плодородие, а также анализируются возможные преимущества и масштабы её использования. Показана роль соломы в формировании баланса элементов питания и органического вещества в богарном земледелии юго-востока Казахстана. При существующих крайне низких объемах возврата соломы в почву (всего 0,9% от общей получаемой биомассы) ежегодные невозвратные потери элементов питания при возделывании озимой пшеницы, ярового ячменя и овса – основных культур зоны богарного земледелия региона – составляют в среднем 378 кг/га азота, 100 кг/га пятиоксида фосфора и 275 кг/га двуоксида калия. Ежегодная минерализация гумуса, даже с учётом гумификации пожнивно-корневой массы, достигает 471,1 тыс. т, что эквивалентно потерям порядка 1,8 т гумуса с каждого гектара посевной площади.

Ключевые слова: юго-восток Казахстана, богарное земледелие, зерновые культуры, солома, баланс элементов питания, потери гумуса.

ВВЕДЕНИЕ

Богарное земледелие юго-восточного региона Казахстана, охватывающее Алматинскую, Жетысускую и Жамбылскую области, является важнейшим зернопроизводящим районом страны. Основной сельскохозяйственной культурой региона выступает озимая пшеница, значительная часть которой возделывается на богарных землях.

Почвенный покров региона представлен преимущественно обыкновенными и светлыми сероземами, занимающими около 65% от общей площади. Предгорные светло-каштановые и тёмно-каштановые почвы занимают соответственно 26% и 9%. Из общей площади богарной пашни, составляю-

щей порядка 1,4 млн гектаров, основная часть (около 64%) приходится на зоны с недостаточным увлажнением (необеспеченная богара), где годовое количество осадков варьируется в пределах 200–280 мм. Зоны полуобеспеченной богары (280–400 мм) охватывают 26% территории, а обеспеченная богара (с осадками более 400 мм) занимает лишь 10% [1].

Содержание гумуса в обыкновенных сероземах юго-востока Казахстана, как правило, составляет 0,8–1,5% в пахотном горизонте. Согласно данным Республиканского научно-методического центра агрохимической службы МСХ, во всех регионах страны отмечается устойчивая тенденция снижения содержания органического вещества и

питательных элементов. За последние 60 лет в неорошаемых зонах уровень гумуса уменьшился примерно на треть от исходного значения [2, 3], при этом ежегодные потери составляют 0,6–1,2 т/га [4]. Для поддержания бездефицитного баланса гумуса необходимо ежегодное внесение не менее 10–12 т/га органических удобрений, однако в последние годы их использование в республике резко снизилось и составляет лишь около 1 т/га [5]. В результате большинство обследованных земель Казахстана характеризуется низким содержанием гумуса – 61%, средним – 35,5% и высоким – лишь 3,5% [6].

В условиях глобальных климатических изменений, истощения природных ресурсов и необходимости обеспечения продовольственной безопасности одним из наиболее перспективных и экологически безопасных способов улучшения состояния почв является использование органических материалов, в том числе соломы. Являясь побочным продуктом сельскохозяйственного производства, солома может сыграть важную роль в повышении урожайности и улучшении агрохимических свойств почвы, особенно в зернопроизводящих районах, к которым относится зона богарного земледелия юго-востока Казахстана.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Солома содержит больше органического вещества, чем другие органические удобрения, и её состав особенно ценен для повышения плодородия почвы. В ней присутствуют такие компоненты, как целлюлоза, пентозаны, гемицеллюлоза и лигнин, которые служат источниками углерода и энергии для почвенных микроорганизмов. Эти вещества являются основным строительным материалом для формирования гумуса. По количеству органического вещества 1 тонна соломы эквивалентна 3,5–4,0 тоннам навоза.

В состав соломы входят все необходимые растениям питательные вещества, которые после минерализации становятся легко доступными. Причём микроэлементов в соломе содержится больше, чем в зерне.

Солома способствует улучшению структуры почвы, повышая её пористость и водоудерживающую способность. Разлагаясь, она улучшает аэрацию почвы, создавая пористую структуру, способствующую газообмену, уменьшает уплотнение, а благодаря накоплению органического вещества снижает риск образования плотных горизонтов. Также повышается влагоёмкость, так как растительные остатки способны удерживать влагу, что особенно важно в засушливых условиях [7–11].

Солома существенно влияет на микробиологическую активность почвы. Благодаря высокому содержанию целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина она служит важным источником углерода для почвенной микробиоты. Помимо этого, в соломе присутствуют антимикробные соединения (например, фенолы), которые подавляют развитие патогенной микрофлоры. В то же время активные сапрофитные микроорганизмы конкурируют с патогенами за субстрат, что способствует снижению их численности.

При внесении соломы в почву создаются благоприятные условия для развития разнообразных микробных групп – актиномицетов, грибов и бактерий, что усиливает биологическую активность агроценозов и стабилизирует фитосанитарное состояние почвы [12–14].

В условиях богарного земледелия основным фактором, ограничивающим формирование урожая сельскохозяйственных культур, является дефицит влаги. Солома представляет собой эффективное средство для накопления и сохранения почвенной влаги. При её

оставлении на поверхности формируется мульчирующий слой, способствующий аккумуляции осенне-зимних осадков и уменьшению испарения. Первые снежные осадки, даже при небольшом количестве, задерживаются на соломе, что препятствует сносу снега ветром и снижает глубину промерзания почвы. Мульчирование соломой также уменьшает поверхностный сток в период весеннего снеготаяния и во время интенсивных осадков. Особенно выраженный положительный эффект наблюдается в засушливые годы. При заделке соломы в почву создаётся защитный покров, который выполняет барьерную функцию: снижает силу ударов дождевых капель по поверхности, предотвращает размывание верхнего слоя, а также уменьшает скорость приземного ветра, что существенно снижает риск ветровой эрозии.

Солома повышает водоудерживающую способность почвы за счёт увеличения её пористости и водопроницаемости, снижает скорость поверхностного стока и способствует более эффективному впитыванию влаги. Это предотвращает образование эрозионных потоков и снижает риск смыва плодородного слоя. Кроме того, уменьшаются потери питательных веществ за счёт предотвращения вымывания растворимых форм элементов питания и микроэлементов, которые сохраняются в верхних горизонтах и постепенно высвобождаются в процессе разложения органического материала [15–25].

Внесение соломы оказывает положительное влияние на урожайность различных сельскохозяйственных культур. Наиболее заметный эффект наблюдается в условиях деградированных почв или при низком содержании органического вещества, где солома способствует улучшению обеспеченности растений питательными элементами, подавляет развитие сорной растительности и создаёт более благоприят-

ные условия для роста культур. В ряде исследований [26–29] подчёркивается, что максимальная эффективность от использования соломы проявляется при её систематическом внесении. Длительное возвращение растительных остатков в почву способствует накоплению органического вещества, улучшению её структуры и питательного режима. Это обеспечивает повышение общей устойчивости агроэкосистем и способствует долговременному росту урожайности.

Солома характеризуется высоким соотношением углерода к азоту (C:N), которое в среднем составляет около 80:1. В процессе её разложения микроорганизмы используют доступный минеральный азот почвы для синтеза собственной биомассы, что вызывает иммобилизацию азота – его временную недоступность для растений. В результате на ранних стадиях вегетации у культур может возникать азотное голодание. Результаты исследований показывают, что заделка соломы без одновременного внесения азотных удобрений приводит к значительной иммобилизации азота и, как следствие, к снижению урожайности сельскохозяйственных культур [30–32].

Глубокая заделка соломы способствует улучшению структуры почвы и более равномерному распределению питательных веществ, что создаёт благоприятные условия для развития корневой системы и эффективного поглощения азота [33–36]. Совместное применение соломы и азотных удобрений (в дозе 20–30 кг N/га) позволяет компенсировать временные потери доступного азота и способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур [37–39].

В условиях богарного земледелия, особенно в зернопроизводящих районах, значение соломы как органического удобрения существенно возрастает. Она обладает рядом преимуществ:

является экологически безопасным источником органического вещества и менее затратна по сравнению с навозом. Экспериментальные данные показывают, что заделка 4–6 т/га измельчённой соломы в сочетании с азотными удобрениями в течение трёх лет обеспечила увеличение содержания гумуса в почве на 0,1–0,15 %, а влагоудерживающая способность возросла на 10–12 % [40].

Систематическое внесение соломы в течение пяти лет способствовало снижению потерь почвы от водной эрозии на 20–25%, увеличению плотности корнеобитаемого слоя на 5–8 % и повышению урожайности зерновых культур на 12–15% [41]. Применение соломы в качестве мульчи дополнительно снижает численность сорной растительности на 30–35 %, а содержание органического углерода в верхнем горизонте почвы возрастает на 0,2 % уже через два года [42].

Обобщение более чем 50 исследований [43] показало, что возвращение соломы в почву способствует ежегодному увеличению содержания органического углерода на 0,1–0,3 %, улучшает водопроницаемость на 10–20 % и обеспечивает рост урожайности на 5–25 % в зависимости от региона и возделываемой культуры. По данным четырёхлетнего полевого эксперимента [44], заделка соломы увеличила содержание микробной биомассы на 28%, органического углерода – на 0,25%, а урожайность риса – на 13,4% по сравнению с контролем без внесения соломы.

Для малогумусных почв Средней Азии доказано положительное влияние соломы на их плодородие. В исследованиях [45], проведённых на типичных сероземах Ферганской долины, внесение 5 т/га соломы хлопчатника с последующим азотным компенсированием способствовало увеличению содержания гумуса на 0,13 %, улучшению структурного состояния почвы (доля

водопрочных агрегатов >0,25 мм возросла с 48 до 58 %) и повышению урожайности пшеницы на 16 %.

В условиях богарного земледелия заделка 4 т/га измельчённой соломы на сероземных почвах снижала потери влаги на 18–20 % за счёт мульчирующего эффекта и повышала влагоёмкость пахотного слоя на 12%. Урожайность ячменя при этом увеличивалась на 0,38 т/га (около 14 %) [46].

В условиях Таджикистана установлено [43], что систематическое внесение соломы (3–5 т/га) на светлых сероземах способствует повышению содержания подвижных форм фосфора и калия, а также активизации микробиологической активности. Урожайность пшеницы при этом возрастала в среднем на 12–15%. Аналогичные результаты получены в засушливом районе Юго-Западного Китая, где почвы по своим свойствам близки к сероземам. Полевой опыт показал, что заделка соломы увеличивает микробную активность на 28%, содержание органического углерода – на 0,25%, а урожайность зерна – на 13,4 % [28].

В условиях богарного земледелия на сероземах Узбекистана внесение 5 т/га пшеничной соломы способствовало увеличению содержания органического вещества почвы на 0,21%, снижению испарения влаги на 15% и росту урожайности кукурузы на 18% [47].

Среднегодовой выход соломы при возделывании озимой пшеницы, ярового ячменя и овса в условиях богарного земледелия юго-востока Казахстана за 2021–2024 гг. составил 1,8 млн тонн. Из этого объёма в почву было возвращено лишь 16,1 тыс. тонн, что соответствует всего 0,9 %. На корм скоту (в основном крупному рогатому скоту, лошадям и овцам в стойловый период) использовалось около 4 % (74,4 тыс. тонн) полученной соломы. Определённая часть расходуется на другие хозяйственные нужды – в качестве

подстилки для животных, для производства компостов, а также как сырьё для биотоплива.

Существуют и непроизводительные потери соломы – утрате растительных остатков, не связанных с их использованием в качестве корма, удобрения или топлива. Эти потери особенно велики в богарных зонах с засушливым климатом. Наиболее распространённая причина – сжигание соломы на поле, применяемое для «быстрой очистки» после уборки урожая. При этом утрата потенциально ценной биомассы может достигать 30–50%. Сжигание сопровождается уничтожением органического вещества, разрушением почвенной микрофлоры, а также выбросами CO₂ и других вредных соединений в атмосферу.

В работе [48], основными источниками непроизводительных потерь соломы являются сжигание, выветривание и недобор при уборке. В степных районах при сжигании потери могут достигать 50%, а при неэффективной уборке – 10–15%. Отмечается необходимость комплексного подхода к утилизации растительных остатков.

В южных регионах Казахстана и России совокупные непроизводительные потери соломы в отдельных хозяйствах достигают 60–70 % [49]. Установлено, что при традиционной системе земледелия утрата органического вещества из-за сжигания и выветривания достигает критических величин, что ускоряет деградацию почвенной структуры. Авторы подчёркивают, что без возврата соломы в почву поддержание её плодородия становится невозможным. В качестве альтернативы рекомендуется интеграция соломы в севооборот и минимальная обработка почвы.

Зарубежные исследования также подтверждают значимость проблемы. Так, в аналитическом обзоре [50] отме-

чено, что совокупные потери соломы при сжигании, выветривании и неправильной обработке могут превышать 50% её массы. Делается вывод о необходимости системного подхода к управлению растительными остатками как ключевому элементу ресурсосберегающей стратегии.

Сельскохозяйственное производство на богарных землях юго-востока Казахстана, как отмечалось выше, ограничено сравнительно узким набором культур, преимущественно зерновыми колосовыми – озимой пшеницей, яровым ячменём и овсом.

Наибольшие площади занимает озимая пшеница – 71 % (259,3 тыс. га), на долю ячменя приходится 28 % (104,5 тыс. га), овса – лишь 1 % (2,2 тыс. га).

В условиях богарного земледелия наибольшую урожайность формирует яровая ячмень. В среднем за 2021–2024 гг. она составила 19,4 ц/га, колеблясь по годам в пределах 15,9–19,4 ц/га. Урожайность овса за этот же период составила 17,3 ц/га (15,7–19,7 ц/га), озимой пшеницы – 15,9 ц/га (13,5–18,7 ц/га). Формирование урожайности в первую очередь определялось количеством выпавших осадков. Так, 2021 и 2023 гг. характеризовались как засушливые: сумма осадков за апрель–июль составила 151,6 и 149,5 мм соответственно. В 2022 г. их количество достигало 172,1 мм, а в 2024 г. – 335,7 мм, что обеспечило заметное повышение урожайности.

Практически все зерновые культуры в условиях богарного земледелия возделываются за счёт естественного плодородия почвы. Исключение составляет озимая пшеница, под которую вносятся незначительные количества минеральных удобрений и навоза. В среднем за 2021–2024 гг. в почву поступило всего 1646,3 ц азота, 155,4 ц фосфора и 103,2 ц калия (включая минеральные удобрения и навоз).

Причём основная часть этих удобрений применялась в предгорных районах обеспеченной осадками богары.

Трансформация содержания элементов питания в почве при применении удобрений представляет значительный интерес, так как выражается в показателях баланса питательных веществ [51]. Баланс питательных элементов – это соотношение их качественного и количественного содержания с учётом поступления и расхода за определённый промежуток времени. К приходной части относятся удобрения, пожнивные и послеуборочные остатки сельскохозяйственных культур, а также питательные элементы, вносимые с посевным и посадочным материалом. К расходной – вынос элементов питания с товарной продукцией, смыв с поверхности и вымывание в грунтовые воды, эрозионные потери, а также утраты в результате газообразования [52–53].

Одним из объективных показателей степени интенсификации земледелия является баланс элементов питания в пахотных горизонтах почв. Производство растениеводческой продукции изменяет соотношение поступления и выноса питательных элементов: применение удобрений увеличивает их приходную часть, тогда как урожай и побочная продукция формируют расходную, что нередко приводит к нарушению баланса [54–55].

Суммарный вынос основных элементов минерального питания урожаями озимой пшеницы, ярового ячменя и овса, с учётом соответствующего количества побочной продукции, за последние 4 года составил 143 тыс. т азота, 36,6 тыс. т пятиоксида фосфора и 104,3 тыс. т двуоксида калия. Определённые межгодовые колебания объясняются различиями в урожайности и посевных площадях возделываемых культур.

В среднем за 2021–2024 гг. ежегодный вынос составлял 35,7 тыс. т азота,

9,2 тыс. т фосфора и 26,1 тыс. т калия.

Возвратная часть баланса формируется за счёт поступления в почву основных элементов питания с минеральными и органическими удобрениями, соломой, а также пожнивно-корневой массой возделываемых культур. В среднем за 2021–2024 гг. общее количество элементов минерального питания, поступивших в почву, составило 2,2 тыс. т, из которых на минеральные удобрения приходилось 8 % (0,2 тыс. т), на внесённую солому – 12,8 % (0,29 тыс. т), а на пожнивно-корневые остатки – 79,2% (1,8 тыс. т). В целом восполнение выноса питательных веществ за счёт этих источников оставалось крайне недостаточным: оно компенсировало лишь 2,8 % потерь по азоту, 3,2 % – по фосфору и 4,2 % – по калию.

Ежегодные потери питательных элементов из почвы при возделывании озимой пшеницы составляют в среднем 136 кг/га азота, 46 кг/га пятиоксида фосфора и 92 кг/га двуоксида калия. Под посевами ярового ячменя и овса наблюдаются сопоставимые потери элементов питания, что приводит к ежегодному снижению уровня почвенного плодородия.

Формирование отрицательного баланса объясняется тем, что под эти культуры практически не вносились удобрения. Между тем, результаты проведённых исследований убедительно подтверждают высокую эффективность применения минеральных удобрений, особенно фосфорных. Так, в среднем за три года на необеспеченной осадками богаре внесение фосфорных удобрений в дозах 30–90 кг/га обеспечивало прибавку урожая зерна на 2,3–3,5 ц/га [56]. Эффективность ранневесенних подкормок азотными удобрениями зависела от влагообеспеченности растений. В засушливые годы, характерные для зоны (1970–1971), их применение не давало положительного

эффекта, тогда как в относительно увлажнённом 1972 году урожайность увеличивалась на 1,1–2,2 ц/га.

По данным [57] урожайность озимой пшеницы в паровом звене почвозащитного севооборота существенно колебалась по годам. Внесение фосфорных удобрений (Р15) в рядки при посеве обеспечивало в среднем прибавку урожая на 2,4 ц/га, основное внесение (Р30) – на 2,6 ц/га, а при дозе Р60 (под основную обработку) прибавка достигала 3,3 ц/га (таблица 3). Совместное применение азотно-фосфорных удобрений (N30P60) обеспечивало в среднем за три года урожайность озимой пшеницы на уровне 25,8 ц/га, что на 4,4 ц/га выше контроля.

Таким образом, внесение рекомендованных норм азотно-фосфорных удобрений способно значительно увеличить валовые сборы зерна в условиях

богарного земледелия. Даже повышение урожайности основных зерновых культур всего на 1 ц/га приводит, при существующих посевных площадях, к увеличению валового сбора зерна на 73,1 тыс. т, или на 11,2 %.

Повышение урожайности способствует росту пожнивно-корневой массы и, соответственно, большему возврату в почву элементов питания и органического вещества, что усиливает процессы гумификации. В среднем за 2021–2024 гг. ежегодное восполнение содержания гумуса за счёт пожнивно-корневой массы возделываемых культур составило 11,9 тыс. т, или около 0,1 т на каждый гектар посевной площади.

В то же время возделывание сельскохозяйственных культур без компенсации выноса азота приводит к заметным потерям гумуса вследствие его минерализации (таблица 1).

Таблица 1 – Ежегодная минерализация гумуса под основными зерновыми культурами в условиях богарного земледелия юго-востока Казахстана (2021–2024 гг.)

Культура	Ежегодная минерализация гумуса,	
	тыс. тонн	т/га
Озимая пшеница	151,2	0,5
Яровой ячмень	318,3	0,7
Овес	1,6	0,6
Всего	471,1	1,8

Согласно расчётам, ежегодная минерализация гумуса с учётом гумификации пожнивно-корневых остатков достигала 471,1 тыс. т. Это означает, что каждый гектар посевной площади терял в среднем около 1,8 т гумуса.

Таким образом, при существующей системе возделывания озимой пшеницы, ярового ячменя и овса в условиях богарного земледелия юго-востока Казахстана ежегодные невосполнимые потери основных элементов минерального питания и гумуса достигают существенных размеров и приводит к снижению плодородия богарных земель.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На юго-востоке Казахстана в условиях богарного земледелия на пахотных почвах ввиду недостаточных объёмов применения минеральных и органических удобрений, наблюдается ухудшение потенциального плодородия и снижение содержания органического вещества. Ежегодная минерализация органического вещества, с учётом гумификации пожнивно-корневой массы, составила 471,1 тыс. т, что эквивалентно потере порядка 1,8 т гумуса с каждого гектара посевной площади.

В зависимости от вида культур (озимая пшеница, яровой ячмень, овёс)

при внесении 1 т соломы в почву поступает 790–810 кг органического вещества, 5,5–6,5 кг азота, 20–35 кг фосфора, 9–16 кг калия, 2,8–3,8 кг кальция, 0,9–1,0 кг магния и 0,4–1,7 кг серы. Скорость разложения соломы определяется соотношением углерода к азоту (C:N): чем оно уже, тем быстрее идёт процесс минерализации. При использовании соломы в чистом виде в первый год возможен временный дефицит азота вследствие его иммобилизации почвенной микробиотой, поэтому на 1 т соломы рекомендуется дополнительно вносить 10–12 кг минерального азота.

Возвратная часть баланса питательных веществ формируется за счёт внесения удобрений, заделки соломы и пожнивно-корневых остатков. В среднем за 2021–2024 гг. из общего объёма поступления (2,2 тыс. т) доля минеральных удобрений составила 8 % (0,2 тыс. т), соломы – 12,8 % (0,29 тыс. т), пожнивно-корневых остатков – 79,2 % (1,8 тыс. т). Однако суммарное восполнение выноса компенсировалось лишь на 2,8 % по азоту, 3,2 % – по фосфору и 4,2 % – по калию, что свидетельствует о дефицитном балансе.

По содержанию органического вещества 1 т соломы эквивалентна 3,5 т подстилочного навоза. Установлено, что систематическое применение соломы увеличивает содержание гумуса в сероземных почвах на 0,88–1,06 %, а её гумусообразующая способность сопоставима с 3,3 т навоза на 1 т соломы. Регулярное внесение соломы способствует росту запасов органического

углерода и гумуса, особенно в условиях ограниченного увлажнения, а также снижает потери гумуса и тонкодисперсной фракции почвы от ветровой и водной эрозии.

Органическое вещество соломы является источником углекислого газа, используемого растениями. Внесение соломы снижает вымывание растворимых форм азота, закреплённого в органических соединениях, повышает доступность фосфатов и активизирует микробную минерализацию органических фосфатов, делая фосфор более доступным растениям. Оптимальный эффект достигается при соотношении C:N около 25:1.

Мульчирование соломой уменьшает или полностью предотвращает поверхностный сток, способствует равномерному распределению влаги, улучшает структуру пахотного слоя и снижает испарение. Внесение соломы повышает водопроницаемость почвы в 1,5–2 раза и увеличивает запасы влаги в метровом слое на 25 мм. На мульчированных землях интенсивность эрозии сокращается в два раза, а смыл на склонах уменьшается в восемь раз.

Применение соломы как органического удобрения в сочетании с азотно-фосфорными туками повышает урожайность зерновых культур в среднем на 1,4–2,5 ц/га. Использование соломы сокращает затраты на её утилизацию и возвращает в биологический круговорот значительные объёмы органического вещества, что способствует формированию новых урожаев.

Настоящая статья подготовлена в рамках программно-целевого финансирования научных исследований Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан на 2024–2026 гг. по программе ИРН BR22885097 «Обеспечение рационального использования земель сельскохозяйственного назначения в интенсивном земледелии на основе новых подходов в сохранении и воспроизводстве плодородия почв».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киреев А.К., Кененбаев С.Б. Ресурсосберегающие приемы обработки почвы под озимую пшеницу на богаре юго-востока Казахстана. Алматы: ТОО «Издательство», 2017. – 226 с.
2. Фаизов К. Ш., Уразалиев Р. А., Иорганский А. И., Есимбеков М. Б. Антропогенное опустынивание почв Республики Казахстан. – Алматы, 2000. – 33 с.
3. Елешев Р. Е. Современное состояние пахотных земель и пути воспроизводства их плодородия// Освоение целинных и залежных земель: история и современность: сборник статей по материалам докладов научно-теоретической конференции (4-6 декабря 2003 года), посвященной 50-летию освоения целинных и залежных земель. – Астана: Казахский аграрный университет им. С. Сейфуллина, 2004. – С. 97–102.
4. Мерзлая Г.Е., Зябкина Г.А., Фомкина Т.П. Длительное применение органических и минеральных удобрений при оптимизации их доз и сочетаний на легкосуглинистой почве// Агрохимия. - 2006. - № 10. - С. 33-40.
5. Шевцова Л.К., Хайдуков К.П., Кузьменко Н.Н. Трансформация органического вещества легкосуглинистой дерново-подзолистой почвы при длительном применении в льняном севообороте// Агрохимия. - 2012. - № 10. - С. 3-12.
6. Чуб М.П., Пронько В.В., Сайфулина Л.Б., Ярошенко Т.М., Климова Н.Ф. Плодородие чернозема южного и продуктивность зернопарового севооборота при длительном применении минеральных удобрений// Агрохимия. - 2010.-№7. -С.3-13.
7. Чебыкина Е.В., Таран Т.В., Котьяк П.А., Казнина М.А. Агрохимическая оценка длительного применения соломы и минеральных удобрений на дерново-подзолистой глееватой почве// Вестник АПК Верхневолжья - 2023. - № 4 (64). - С. 5–13.
8. Куликова Н.В. Солома как органическое удобрение: влияние на свойства почвы// Агрохимия. - 2019. - № 9. - С. 37–46.
9. Сидоров А.В., Кузнецова М.И. Влияние растительных остатков на агрофизические свойства чернозёмов// Агрохимия. - 2021. - № 4. - С. 45–52.
10. Михайлова Е.П. Использование соломы для повышения водоудерживающей способности почв в засушливых регионах// Земледелие. - 2018. - № 3. - С. 22–27.
11. Жежер А.Я., Ефимова Г.И. Система удобрений в полевых севооборотах// Методические рекомендации. – Новосибирск: ВАСХНИЛ, Сибирское отделение, СибНИИЗХим, 1990. – 12 с.
12. Ocio J. A., Brookes P. C., Jenkinson D. S. Field incorporation of straw and its effects on soil microbial biomass and activity// Soil Biology and Biochemistry. – 1991. – Vol. 23, № 2. – P. 171–176.
13. Zhang X., Ren, X., Cai, L. Effects of Different Straw Incorporation Amounts on Soil Organic Carbon, Microbial Biomass, and Enzyme Activities in Dry-Crop Farmland// Sustainability. – 2024. – Т. 16, № 23. – С. 10588.
14. Н Т, Yang Y, et al. The role of straw mulching in shaping rills and stabilizing rill network under simulated extreme rainfall// Soil and Tillage Research. – 2023. – Т. 229. – С. 105656.
15. Иванов А.А., Петров, В.В. Влияние соломы на структурное состояние почвы и ее устойчивость к эрозии// Почвоведение. – 2023. – № 8. – С. 112-119.
16. Сидоров Н.М. Использование растительных остатков для защиты почвы от эрозии// Агроэкология. – 2021. – № 5. – С. 45-52.

17. Козлов Е.С. Почвозащитные технологии с использованием соломы// Земледелие. – 2022. – № 4. – С. 78-84.
18. Алексеев И.К., Смирнова, Л.П. Органическое мульчирование для защиты почв от эрозии// Вестник аграрной науки. – 2020. – № 6. – С. 30-36.
19. Захаров, В.П., Лебедев, С.В. Влияние остатков соломы на водный баланс и эрозионные процессы в черноземах// Почвы и агрохимия. – 2024. – № 9. – С. 56-63.
20. Kavian A., Kalehhouei M., et al. The Use of Straw Mulches to Mitigate Soil Erosion under Different Rainfall Intensities// Water. – 2020. – Т. 12, № 9. – С. 2518.
21. Lucas-Borja, M. E., Zema D. A., et al. Delayed application of straw mulching increases soil erosion in post-fire pine forests// Catena. – 2023. – Т. 236. – С. 107714.
22. Бакиров Ф. Г., Поляков Д.Г., Васильев И.В. Накопление и сохранение влаги почвенной и соломенной мульчей в Оренбургской области// Земледелие. - 2022. - № 3. - С. 3-7.
23. Бакиров Ф. Г., Коряковский А. В. Мульчирование – эффективный способ использования водных ресурсов// Известия Оренбургского государственного аграрного университета. - 2011. - № 3 (31). - С. 55–56.
24. Kahlon M. S., Lal R., Ann-Varughese B.M. Twenty-two years of tillage and mulching impacts on soil physical characteristics and carbon sequestration in Central Ohio// Soil & Tillage Research. – 2013. – Vol.126. – P. 151–158.
25. Cook H. F., Valdes G. S. B., Lee H. C.15.Mulch effects on rainfall interception, soil physical characteristics and temperature under Zea mays L.// Soil & Tillage Research. – 2006. – Vol.91. – P. 227–235.
26. Юшкевич Л. В., Ершов В. Л. Применение соломы и эффективность обработки почвы в засушливом земледелии Западной Сибири// Вестник ОмГАУ. – 2013. – №4 (12). – С. 18–22.
27. Влияние соломы и органических удобрений на факторы плодородия, рост и развитие яровой пшеницы / [Редкол.: Сулейменов М. К. (отв. ред.) и др.]. - Целиноград: ВНИИЗХ, 1982. - 53 с.
28. Liu K, Hu Y, Li Y, Wang L, Jin L, Cai L, Wu X, Yang Z, Li Y, Wei D. Straw Returning Methods Affects Macro-Aggregate Content and Organic Matter Content in Black Soils: Meta-Analysis and Comprehensive Validation. Plants (Basel). – 2024. – Vol.13(23). – P.3284.
29. Li J., Jin, X., Li J., Li X., Han Y., Dong, L., & Zou H. (2024). Deep return of straw improves topsoil health and maize productivity more efficiently than shallow return. Soil Use and Management. – 2024. – Vol.40. – e13131.
30. Тулина А.С., Семенов В.М. Усиление иммобилизации азота при внесении соломы// Агрохимия. - 2019. - № 3. - С. 3–18.
31. Завалин А.А., Соколов О.А., Шмырева Н.Я. Иммобилизация азота при внесении биомассы сидеральных культур // Почвоведение. - 2022. - № 1. - С. 68–76.
32. Безлер Н.В. Запашка соломы ячменя и продуктивность культур в зернопропашном севообороте// Земледелие. - 2013. - № 4. - С. 11–13.
33. Ерёмин Д.И., Ахтямова А.А. Скорость разложения соломы яровой пшеницы при различных системах основной обработки почвы в лесостепной зоне Зауралья// Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. - 2015. - № 1 (28). - С. 16-20.
34. Андреев С.Н., Кузнецов В.И. Влияние глубины заделки соломы на агрохимические свойства чернозёма// Почвоведение. - 2018. - № 9. - С. 112–117.
35. Иванова Л.П., Смирнов А.В. Биологическая активность почвы при различной глубине заделки соломы// Агрохимия. - 2020. - № 5. - С. 25–30.

36. Петрова Н.В., Сидоров И.А. Влияние способов заделки соломы на урожайность озимой пшеницы// Земледелие. - 2019. - № 4. - С. 45–49.
37. Куприченков М.Т. Рекомендации по использованию соломы на удобрение в Ставропольском крае// М.Т. Куприченков. - Ставрополь: Ставропольский ГЦАС, 2017. - 24 с.
38. Волынкин В.И., Копылов А.Н., Волынкина О.В., Кириллова Е.В. Влияние минеральных удобрений на урожайность культур и агрохимические свойства обыкновенного солонцеватого чернозёма в условиях Зауралья// Агрохимия. - 2016. - № 2. - С. 10–19.
39. Семенов В.М. Экологическая агрохимия азота и углерода// Проблемы агрохимии и экологии. - 2024. - № 2. - С. 57–68.
40. Родионов А. Н., Васильев П. А., Миронова Т. И. Солома как элемент устойчивого земледелия// Земледелие. – 2020. – № 6. – С. 12–18.
41. Пономаренко С. П. Биологизация земледелия: роль растительных остатков// Вестник аграрной науки. – 2019. – № 8. – С. 34–38.
42. Blanco-Canqui H., Lal R. Crop residue removal impacts on soil productivity and environmental quality // Critical Reviews in Plant Sciences. – 2009. – Vol. 28, № 3. – P. 139–163.
43. Huang M., Zou Y., Jiang P., Xia B. Straw incorporation influences soil carbon, microbial biomass and crop yields// Soil and Tillage Research. – 2012. – Vol. 124. – P. 17–24.
44. Юсупов Ж. Ж., Ташпулатов Ш. Т. Влияние растительных остатков на плодородие сероземных почв Узбекистана// Агрохимия и почвоведение. – 2018. – № 4. – С. 22–26.
45. Султанов А. К. Применение соломы в севооборотах на сероземах Средней Азии// Вестник сельскохозяйственной науки. – 2021. – № 2. – С. 65–70.
46. Ismailov B., Khasanov B., Juraev S. Effect of wheat straw application on soil fertility and crop yield in rainfed farming conditions of Central Asia// Journal of Arid Land Studies. – 2021. – Vol. 31, № 2. – P. 112–119.
47. Кравченко А. Н. Потери растительных остатков в агроландшафтах степной зоны// Агроэкология. – 2019. – №4. – С. 23–27.
48. Завражный В. Ф. Сохранение и рациональное использование соломы в хозяйствах с богарным земледелием// Земледелие. – 2020. – № 5. – С. 41–46.
49. Гаврилюк В. И. Органические остатки и структура почвосберегающих технологий// Агрохимия. – 2018. – № 2. – С. 34–38.
50. Blanco-Canqui H., Lal R. Residue management for soil health and crop productivity// Soil & Tillage Research. – 2007. – Vol. 94, № 1. – P. 134–152.
51. Сычев В.Г., Шафран С.А. Прогноз плодородия почв Нечерноземной зоны в зависимости от уровня применения удобрений// Плодородие. 2019. – № 2 (107). – С. 22–25.
52. Жуков Ю.П. Баланс питательных веществ как прогнозно-экологический показатель плодородия почв и продуктивности культур // Агрохимия. – 1996. – № 7. – С. 35–46.
53. Волынкина О.В. Баланс питательных веществ на посевах сельскохозяйственных культур// Плодородие. 2020. № 4 (115). - С. 13–16.
54. Плотников А.М., Кабдунова Г.С. Баланс элементов питания и продуктивность зернопарового севооборота при применении минеральных удобрений// Проблемы агрохимии и экологии. – 2018. – № 1. – С. 38–41.

55. Воробьев В.Б. Влияние уровней азотного питания озимой пшеницы на баланс питательных веществ в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве// Вестник Белорусской ГСХА. – 2020. – № 2. – С. 107–111.

56. Умбетов А.К. Оптимизация условий минерального питания зерновых культур на богаре юго-востока Казахстана: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Алматы. – 47 с.

57. Мукашев Ж.М. Удобрение озимой пшеницы в зернопаропропашном севообороте в условиях необеспеченной осадками богары юга и юго-востока Казахстана: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Алма-Ата, 1972. – 29 с.

REFERENCES

1. Kireyev A.K., Kenenbayev S.B. Resursosberegayushchiye priyemy obrabotki pochvy pod ozimuyu pshenitsu na bogare yugo-vostoka Kazakhstana. Almaty: TOO «Izdatelstvo», 2017. – 226 s.

2. Faizov K. Sh., Urazaliyev R. A., Iorgansky A. I., Yesimbekov M. B. Antropogennoye opustynivaniye pochv Respubliki Kazakhstan. – Almaty, 2000. – 33 s.

3. Yeleshev R. Ye. Sovremennoye sostoyaniye pakhotnykh zemel i puti vosproizvodstva ikh plodorodiya// Osvoeniye tselinnykh i zaleznykh zemel: istoriya i sovremennost: sbornik statey po materialam dokladov nauchno-teoreticheskoy konferentsii (4-6 dekabrya 2003 goda), posvyashchennoy 50-letiyu osvoiniya tselinnykh i zaleznykh zemel. – Astana: Kazakhsky agrarny universitet im. S. Seyfullina, 2004. – S. 97–102.

4. Merzlaya G.E., Zyabkina G.A., Fomkina T.P. Dlitelnoye primeneniye organicheskikh i mineralnykh udobreny pri optimizatsii ikh doz i sochetany na legkosuglinistoy pochve// Agrokhimiya. - 2006. - № 10. - S. 33-40.

5. Shevtsova L.K., Khaydukov K.P., Kuzmenko N.N. Transformatsiya organicheskogo veshchestva legkosuglinistoy dernovo-podzolistoy pochvy pri dlitelnom primeneniі v lnyanom sevooborote// Agrokhimiya. - 2012. - № 10. - S. 3-12.

6. Chub M.P., Pronko V.V., Sayfulina L.B., Yaroshenko T.M., Klimova N.F. Plodorodiye chernozema yuzhnogo i produktivnost zernoparovogo sevooborota pri dlitelnom primeneniі mineralnykh udobreny// Agrokhimiya. - 2010. - № 7. - S. 3-13.

7. Chebykina Ye.V., Taran T.V., Kotyak P.A., Kaznina M.A. Agrokhimicheskaya otsenka dlitelnogo primeneniya solomy i mineralnykh udobreny na dernovo-podzo-listoy gleyevatoy pochve// Vestnik APK Verkhnevolzhya - 2023. - № 4 (64). - S. 5–13.

8. Kulikova N.V. Soloma kak organicheskoye udobreniye: vliyaniye na svoystva pochvy// Agrokhimiya. - 2019. - № 9. - S. 37–46.

9. Sidorov A.V., Kuznetsova M.I. Vliyaniye rastitelnykh ostatkov na agrofizicheskiye svoystva chernozyomov// Agrokhimiya. - 2021. - № 4. - S. 45–52.

10. Mikhaylova Ye.P. Ispolzovaniye solomy dlya povysheniya vodouderzhivayushchey sposobnosti pochv v zasushlivykh regionakh// Zemledeliye. - 2018. - №3. - S. 22–27.

11. Zhezher A.Ya., Yefimova G.I. Sistema udobreny v polevykh sevooborotakh// Metodicheskiye rekomendatsii. – Novosibirsk: VASKhNIL, Sibirskoye otdeleniye, SibNIIKhim, 1990. – 12 s.

12. Ocio J. A., Brookes P. C., Jenkinson D. S. Field incorporation of straw and its effects on soil microbial biomass and activity// Soil Biology and Biochemistry. – 1991. – Vol. 23, № 2. – P. 171–176.

13. Zhang X., Ren, X., Cai, L. Effects of Different Straw Incorporation Amounts on

Soil Organic Carbon, Microbial Biomass, and Enzyme Activities in Dry-Crop Farmland// Sustainability. – 2024. – T. 16, № 23. – S. 10588.

14. H T., Yang Y., et al. The role of straw mulching in shaping rills and stabilizing rill network under simulated extreme rainfall// Soil and Tillage Research. – 2023. – T. 229. – S. 105656.

15. Ivanov A.A., Petrov, V.V. Vliyaniye solomy na strukturnoye sostoyaniye pochvy i eye ustoychivost k erozii// Pochvovedeniye. – 2023. – № 8. – S. 112-119.

16. Sidorov N.M. Ispolzovaniye rastitelnykh ostatkov dlya zashchity pochvy ot erozii// Agroekologiya. – 2021. – № 5. – S. 45-52.

17. Kozlov Ye.S. Pochvozashchitnye tekhnologii s ispolzovaniyem solomy// Zemledeliye. – 2022. – № 4. – S. 78-84.

18. Alekseyev I.K., Smirnova, L.P. Organicheskoye mulchirovaniye dlya zashchity pochv ot erozii// Vestnik agrarnoy nauki. – 2020. – № 6. – S. 30-36.

19. Zakharov, V.P., Lebedev, S.V. Vliyaniye ostatkov solomy na vodny balans i erozionnye protsessy v chernozemakh// Pochvy i agrokhimiya. – 2024. – № 9. – S. 56-63.

20. Kavian A., Kolehrouei M., et al. The Use of Straw Mulches to Mitigate Soil Erosion under Different Rainfall Intensities// Water. – 2020. – T. 12, № 9. – S. 2518.

21. Lucas-Borja, M. E., Zema D. A., et al. Delayed application of straw mulching increases soil erosion in post-fire pine forests// Catena. – 2023. – T. 236. – S. 107714.

22. Bakirov F. G., Polyakov D.G., Vasilyev I.V. Nakopleniye i sokhraneniye vlagi pochvennoy i solomennoy mulchey v Orenburgskoy oblasti// Zemledeliye. – 2022. – № 3. – S. 3-7.

23. Bakirov F. G., Koryakovskiy A. V. Mulchirovaniye – effektivnyy sposob ispolzovaniya vodnykh resursov// Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2011. – № 3 (31). – S. 55-56.

24. Kahlon M. S., Lal R., Ann-Varughese B.M. Twenty-two years of tillage and mulching impacts on soil physical characteristics and carbon sequestration in Central Ohio// Soil & Tillage Research. – 2013. – Vol. 126. – P. 151-158.

25. Cook H. F., Valdes G. S. B., Lee H. C. Mulch effects on rainfall interception, soil physical characteristics and temperature under Zea mays L.// Soil & Tillage Research. – 2006. – Vol.91. – P. 227-235.

26. Yushkevich L. V., Yershov V. L. Primeneniye solomy i effektivnost obrabotki pochvy v zasushlivom zemledelii Zapadnoy Sibiri// Vestnik OmGAU. – 2013. – № 4 (12). – S.18-22.

27. Vliyaniye solomy i organicheskikh udobreniy na faktory plodorodiya, rost i razvitiye yarovoy pshenitsy / [Redkol.: Suleymenov M. K. (otv. red.) i dr.]. – Tselinograd: VNIIZKh, 1982. – 53 s.

28. Liu K, Hu Y, Li Y, Wang L, Jin L, Cai L, Wu X, Yang Z, Li Y, Wei D. Straw Returning Methods Affects Macro-Aggregate Content and Organic Matter Content in Black Soils: Meta-Analysis and Comprehensive Validation. Plants (Basel). – 2024. – Vol.13 (23). – P.3284.

29. Li J., Jin, X., Li J., Li X., Han Y., Dong, L., & Zou H. (2024). Deep return of straw improves topsoil health and maize productivity more efficiently than shallow return. Soil Use and Management. – 2024. – Vol.40. – e13131.

30. Tulina A.S., Semenov V.M. Usileniye immobilizatsii azota pri vnesenii solomy// Agrokhimiya. – 2019. – № 3. – S. 3-18.

31. Zavalin A.A., Sokolov O.A., Shmyreva N.Ya. Immobilizatsiya azota pri vnesenii biomassy sideralnykh kultur // Pochvovedeniye. – 2022. – № 1. – S. 68-76.

32. Bezler N.V. Zapashka solomy yachmenya i produktivnost kultur v zernopropashnom sevooborote// Zemledeliye. - 2013. - № 4. - S. 11–13.
33. Yeryomin D.I., Akhtyamova A.A. Skorost razlozheniya solomy yarovoy pshenitsy pri razlichnykh sistemakh osnovnoy obrabotki pochvy v lesostepnoy zone Zauralya// Vestnik Gosudarstvennogo agrarnogo universiteta Severnogo Zauralya. - 2015. - № 1 (28). - S. 16–20.
34. Andreyev S.N., Kuznetsov V.I. Vliyaniye glubiny zadelki solomy na agrokhimicheskiye svoystva chernozyoma// Pochvovedeniye. - 2018. - № 9. - S. 112–117.
35. Ivanova L.P., Smirnov A.V. Biologicheskaya aktivnost pochvy pri razlichnoy glubine zadelki solomy// Agrokhimiya. - 2020. - № 5. - S. 25–30.
36. Petrova N.V., Sidorov I.A. Vliyaniye sposobov zadelki solomy na urozhaynost ozimoy pshenitsy// Zemledeliye. - 2019. - № 4. - S. 45–49.
37. Kuprichenkov M.T. Rekomendatsii po ispolzovaniyu solomy na udobreniye v Stavropolskom kraye// M.T. Kuprichenkov. - Stavropol: Stavropolsky GTsAS, 2017. - 24 s.
38. Volynkin V.I., Kopylov A.N., Volynkina O.V., Kirillova Ye.V. Vliyaniye mineralnykh udobreny na urozhaynost kultur i agrokhimicheskiye svoystva obyknovennogo solontsevatogo chernozyoma v usloviyakh Zauralya// Agrokhimiya. - 2016. - № 2. - S. 10–19.
39. Semenov V.M. Ekologicheskaya agrokhimiya azota i ugleroda// Problemy agrokhimii i ekologii. - 2024. - № 2. - S. 57–68.
40. Rodionov A. N., Vasilyev P. A., Mironova T. I. Soloma kak element ustoychivogo zemledeliya// Zemledeliye. - 2020. - № 6. - S. 12–18.
41. Ponomarenko S. P. Biologizatsiya zemledeliya: rol rastitelnykh ostatkov// Vestnik agrarnoy nauki. - 2019. - № 8. - S. 34–38.
42. Blanco-Canqui H., Lal R. Crop residue removal impacts on soil productivity and environmental quality // Critical Reviews in Plant Sciences. - 2009. - Vol. 28, № 3. - P. 139–163.
43. Huang M., Zou Y., Jiang P., Xia B. Straw incorporation influences soil carbon, microbial biomass and crop yields// Soil and Tillage Research. - 2012. - Vol. 124. - P. 17–24.
44. Yusupov Zh. Zh., Tashpulatov Sh. T. Vliyaniye rastitelnykh ostatkov na plodorodiye serozemnykh pochv Uzbekistana// Agrokhimiya i pochvovedeniye. - 2018. - № 4. - S. 22–26.
45. Sultanov A. K. Primeneniye solomy v sevooborotakh na serozemakh Sredney Azii// Vestnik selskokhozyaystvennoy nauki. - 2021. - № 2. - S. 65–70.
46. Ismailov B., Khasanov B., Juraev S. Effect of wheat straw application on soil fertility and crop yield in rainfed farming conditions of Central Asia// Journal of Arid Land Studies. - 2021. - Vol. 31, № 2. - P. 112–119.
47. Kravchenko A. N. Poteri rastitelnykh ostatkov v agrolandshaftakh stepnoy zony// Agroekologiya. - 2019. - № 4. - S. 23–27.
48. Zavrazhny V. F. Sokhraneniye i ratsionalnoye ispolzovaniye solomy v khozyaystvakh s bogarnym zemledeliem// Zemledeliye. - 2020. - № 5. - S. 41–46.
49. Gavriluk V. I. Organicheskiye ostatki i struktura pochvosberegayushchikh tekhnology// Agrokhimiya. - 2018. - № 2. - S. 34–38.
50. Blanco-Canqui H., Lal R. Residue management for soil health and crop productivity// Soil & Tillage Research. - 2007. - Vol. 94, № 1. - P. 134–152.
51. Sychev V.G., Shafran S.A. Prognoz plodorodiya pochv Nechernozemnoy zony v zavisimosti ot urovnya primeneniya udobreny// Plodorodiye. 2019. - № 2 (107). - S. 22–25.
52. Zhukov Yu.P. Balans pitatelnykh veshchestv kak prognozno-ekologicheskyy pokazatel plodorodiya pochv i produktivnosti kultur // Agrokhimiya. - 1996. - № 7. - S. 35–46.

53. Volynkina O.V. Balans pitatelnykh veshchestv na posevakh selskokhozyaystvennykh kultur// Plodorodiye. 2020. № 4 (115). - S. 13–16.

54. Plotnikov A.M., Kabdunova G.S. Balans elementov pitaniya i produktivnost zernoparovogo sevooborota pri primeneniі mineralnykh udobreniy// Problemy agrokhimii i ekologii. – 2018. – № 1. – S. 38–41.

55. Vorobyev V.B. Vliyaniye urovney azotnogo pitaniya ozimoy pshenitsy na balans pitatelnykh veshchestv v dernovo-podzolistoy legkosuglinistoy pochve// Vestnik Belorusskoy GSKhA. – 2020. – № 2. – S. 107–111.

56. Umbetov A.K. Optimizatsiya uslovy mineralnogo pitaniya zernovykh kultur na bogare yugo-vostoka Kazakhstana: avtoref. dis. ... d-ra s.-kh. nauk. – Almaty. – 47 s.

57. Mukashev Zh.M. Udobreniye ozimoy pshenitsy v zernoparopropashnom sevooborote v usloviyakh neobespechennoy osadkami bogary yuga i yugo-vostoka Kazakhstana: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk. – Alma-Ata, 1972. – 29 s.

ТҮЙІН

В.Н. Гусев^{1*}, С.Б. Кененбаев^{1*}, Б.М. Аманғалиев¹, А.М. Сағымбаева¹, Қ.У. Рүстемова¹

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ОҢТҮСТІК-ШЫҒЫСЫНДАҒЫ ҚҰРҒАҚШЫЛЫҚ АЙМАҚТА
САБАНДЫ ПАЙДАЛАНУ

*¹"Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты"
ЖШС, 040909, Алматы облысы, Қарасай ауданы, Алмалыбақ ауылы, Ерленесов
көшесі, 1, Қазақстан, *e-mail: agfaagro@mail.ru; serikkenenbayev@mail.ru*

Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы тәлімі егіншілік жағдайында сабанды тыңайтқыш ретінде пайдаланудың өзектілігі мен қажеттілігі топырақтың әлеуетті құнарлылығының төмендеуімен, органикалық заттардың азаюымен және минералдық әрі органикалық тыңайтқыштардың жеткіліксіз қолданылуы салдарынан жыртылған қабаттағы қоректік элементтердің теріс балансымен айқындалады. Бұл шолу мақалада сабанның топыраққа және оның құнарлылығына әсер етуінің негізгі механизмдері қарастырылып, оны пайдаланудың артықшылықтары мен ауқымы талданады. Сондай-ақ сабанның тәлімі егіншілік жағдайында топырақтағы қоректік элементтер мен органикалық заттар балансын қалыптастырудағы рөлі көрсетіледі. Сабанды топыраққа қайтару көлемінің өте төмен деңгейінде (жалпы алынған биомассаның небәрі 0,9 %-ы) аймақтағы тәлімі егіншілік жағдайында өсірілетін негізгі дақылдар – күздік бидай, жаздық арпа және сұлы бойынша қоректік элементтердің жыл сайынғы қайтарылмайтын шығыны орта есеппен гектарына 378 кг азотты, 100 кг фосфор ангидридін және 275 кг калий оксидін құрайды. Жыл сайынғы қарашірік минералдануы, топырақта қалатын тамыр-түп массасының гумификациясын ескергеннің өзінде, 471,1 мың тоннаны құрайды, бұл әрбір гектар егістік жерден шамамен 1,8 тонна қарашіріктің жоғалуына сәйкес келеді.

Түйінді сөздер: Қазақстанның оңтүстік-шығысы, тәлімі егіншілік, дәнді дақылдар, сабан, қоректік элементтер балансы, қарашірік шығындары.

SUMMARY

V.N. Gusev^{1*}, S.B. Kenenbayev^{1*}, B.M. Amangaliyev¹, A.M. Sagimbayeva¹,

K.U. Rustemova¹

USE OF STRAW IN RAINFED AGRICULTURE OF SOUTHEAST KAZAKHSTAN

¹"LLP "Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing", 040909, Almaty

Region, Karasai District, Almalibak Village, 1 Yerlepesov St., Kazakhstan

**e-mail: agfaagro@mail.ru; serikkenenbayev@mail.ru*

The relevance and necessity of using straw as fertilizer under rainfed farming conditions in southeastern Kazakhstan are determined by the decline of the potential soil fertility, the reduction of organic matter content, and the negative balance of the main mineral nutrients in the plow

layer due to insufficient application of mineral and organic fertilizers. This review article examines the main mechanisms of straw's influence on soil and its fertility, as well as analyzes the possible benefits and scale of its use. The role of straw in forming the balance of nutrients and organic matter in rainfed farming systems of southeastern Kazakhstan is highlighted. Given the extremely low level of straw returned to the soil (only 0.9% of the total biomass produced), the annual irretrievable losses of nutrients under the cultivation of winter wheat, spring barley, and oats – the main crops of the region's rainfed agriculture – average 378 kg/ha of nitrogen, 100 kg/ha of phosphorus pentoxide, and 275 kg/ha of potassium oxide. Annual humus mineralization, even accounting for the humification of root and stubble residues, reaches 471.1 thousand tons, which is equivalent to a loss of about 1.8 t of humus per hectare of arable land.

Keywords: southeastern Kazakhstan, rainfed agriculture, cereal crops, straw, nutrient balance, humus loss.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. Гусев Виталий Николаевич - ведущий научный сотрудник лаборатории почвоведения и агрохимии, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7309-5790>, e-mail: agfaagro@mail.ru

2. Кененбаев Серик Барменбекович - главный научный сотрудник лаборатории почвоведения и агрохимии, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1745-8475>, e-mail: serikkenenbayev@mail.ru

3. Амангалиев Батыргали Мурзабаевич – научный сотрудник лаборатории почвоведения и агрохимии, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2621-6427>, e-mail: batyr110365@mail.ru

4. Сагимбаева Айна Муратовна - научный сотрудник лаборатории почвоведения и агрохимии, магистр сельскохозяйственных наук, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1481-2187>, e-mail: ainasagimbaeva78@mail.ru

5. 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

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

ISSN 1999-740X



9 771999 740000

Индекс 74197

ISSN 1999-740X



9 771999 740000