



ISSN 1999-740X (Print)
ISSN 2959-3433 (Online)
№ 1 (март) 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

№ 1 (март) 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), А.В. Козлов (Россия),
М.Г. Мустафаев (Азербайджан), Т.Ф. Персикова (Беларусь),
М.В. Филипова (Болгария), Б.М. Амиров, М.А. Ибраева,
А.А. Курманбаев, Г.А. Токсеитова (ответственный секретарь),
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

Генезис почв

- S. Kocherli, M. Mustafayev, E. Akhmadzade, Z. Veliyeva, F. Mustafayev, F. Aliyeva**
Dependencies between chemical, physical and optical properties of Mugan plain soils 5

Плодородие почв

- Р.К. Жапаев, Г.Т. Куныпияева, М.Ж. Аширбеков, А.С. Сейлхан, Р.Б. Кудебаев, А.А. Жаппарова** Способы обработки почвы и их эффективность при рациональном использовании пашни..... 15

Экология почв

- Т.Б. Байназарова, А.Д. Акбасова, Г.А. Саинова, К.Т. Сарбаева** Влияние вермикомпоста на трансформацию и транслокацию тяжелых металлов в грунтах и в системе «почва-растение» 28
- Ф.Е. Козыбаева, Г.Б. Бейсеева, Г.А. Сапаров, Қ. Құлымбет, Ә.А. Абзал, М. Тоқтар**
Жамбыл облысы Байзақ ауданындағы қант қызылшасы егілген атыздық және тамшылатып суарылатын топырақтардың экологиялық жағдайы ... 39

Агрохимия

- Б.М. Амиров, С.О. Базарбаев, О. Жандыбаев, О.С. Курманакын**
Моделирование урожайности кукурузы на зерно в зависимости от доз и соотношений минеральных удобрений на засоленных светлых сероземах южного Казахстана..... 56
- Т.К. Василина, Е.С. Абилдаев, А.А. Жаппарова, А.Н. Жамангараева, Ш.Н. Абдухаимова** Влияние цеолита и удобрений на рост, урожайность и качество томата (*Solanum lycopersicum*)..... 73
- Г.А. Мырзабаева, К.Т. Абаева, Е.С. Абилдаев, А.К. Игембаева, А.Б. Сламбаева**
Эффективность ресурсосберегающей технологии обработки почвы при возделывании ярового ячменя в условиях Западно-Казахстанской области 84

CONTENT

Soil genesis

- S. Kocherli, M. Mustafayev, E. Akhmadzade, Z. Veliyeva, F. Mustafayev, F. Aliyeva**
Dependencies between chemical, physical and optical properties of Mugan plain soils.....5

Soil fertility

- R.K. Zhapayev, G.T. Kunyapiyeva, M.Zh. Ashirbekov, A.S. Seiylkhan, R.B. Kudebayev, A.A. Zhapparova** Methods of tillage and their effectiveness in the rational use of arable land.....15

Soil ecology

- T.B. Bainazarova, A.D. Akbasova, G.A. Sainova, K.T. Sarbaeva** Influence of vermicompost on the transformation and translocation of heavy metals in grounds and «soil-plant» system28

- F.E. Kozybaeva, G.B. Beiseyeva, G.A. Saparov, K. Kulymbet, A.A. Abzal, M. Toktar**
Soil-ecological condition of furrow and drip-irrigated soils sown with sugar beet in the Bayzak district of Zhambyl region.....39

Agrochemistry

- B.M. Amirov, S.O. Bazarbaev, O. Zhandybaev, O.S. Kurmanakyn** Modeling maize grain yield depending on rates and ratios of mineral fertilizers on saline serozems of southern Kazakhstan.....56

- T. Vassilina, E. Abildayev, A.A. Zhapparova, A. Zhamangarayeva, Sh. Abdukhaimova** Influence of zeolite and fertilizers on the growth, yield and quality of tomato (*Solanum lycopersicum*)73

- G.A. Myrzabaeva, K.T. Abaeva, E.S. Abildaev, A.K. Igembaeva, A.B. Slambaeva**
Efficiency of resource-saving soil cultivation technology in cultivation of spring barley in the conditions of the West Kazakhstan region.....84

ГЕНЕЗИС ПОЧВ

IISNI: 68.05.31

DOI:10.51886/1999-740X_2025_1_5

S. Kocherli¹, M. Mustafayev^{1*}, E. Akhmadzade¹, Z. Veliyeva¹,F. Mustafayev¹, F. Aliyeva^{1*}**DEPENDENCIES BETWEEN CHEMICAL, PHYSICAL AND OPTICAL PROPERTIES OF MUGAN PLAIN SOILS**

¹*Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan, Institute of Soil Science and Agrochemistry, AZ1073, Baku, Mam ed Rahim 5, Azerbaijan,*

**e-mail: meliorasiya58@mail.ru; fatma_aliyeva_1988@mail.ru*

Abstract. The article deals with the relationship between chemical, physical and optical properties of Mugan Plain soils. It was determined that the integral reflection coefficient with chemical and physical properties of the main soil types of the Mugan Plain was the least in gray-brown and grass-gray soils, 31.09-40.3%, 31.1-38.0 respectively, depending on the profile. The highest amount of 5% was in gray-meadow and swamp-meadow soils and varied between 42.90-50.55% and 39.20-42.00%. Grass-marsh lands, distributed throughout the territory in the form of tala, are distributed in limited areas of the Mugan Plain, mainly in depressions, in places where groundwater is exposed, in the area of the Kura River. Meadow-marsh soils are characterized by a high content of humus and moisture, on which predominantly water-sensitive plants grow. The amount of humus in the upper layer (0-25 cm) reaches 4.05%, which is associated with the annual rotting of a large amount of plant mass. The amount of humus decreases with depth and reaches 0.90% at a depth of 1 meter. This distribution of humus is due to the fact that the bulk of roots and rhizomes are collected in this part of the soil profile. The reason for the lack of roots in the lower layers is the unfavorable air-water regime in the silt layer due to high humidity and a large amount of iron oxide, which negatively affects plants.

Keywords: integral reflectivity, humus, spectral reflectivity, soil sections, carbonation.

INTRODUCTION

Rational use of Azerbaijan's natural resources requires careful attention to environmental problems, especially soil protection. A significant role in this regard belongs to remote methods of monitoring soil conditions. The correct choice of spectral ranges significantly reduces the time and cost of research. Such a choice must be preceded by significant experimental material on the spectral reflectance coefficients of natural objects. Such experimental studies include the determination and scattering of light by soil, which is associated with the distribution of solar radiation arriving at the soil surface, and, consequently, the heat balance, speed and direction of various processes occurring in soils. Spectral reflectance is one of those soil characteristics that is directly reflected in remote sensing materials.

One of the features of remote indication is the receipt of reliable data for qualitative and quantitative express analysis of the state of the soil cover, as well as the ability to enter this information into a computer program to obtain the necessary information. A significant role in this belongs to laboratory measurements of the spectral ability of soils, which make it possible to establish the specific influence of various factors on the formation of the optical properties of the soil, which can be used in processing remote sensing materials. The quantitative patterns of the influence of individual factors on the reflection of light by soils have not been sufficiently studied and are among the main tasks in the study of the spectral reflectivity of soil and the practical use of this characteristic for the purpose of comparative characteristics of soils and soil color.

The formation of the spectral reflectivity of soils is influenced by a number of factors, because soil type, its structure, humidity, humus content, carbonate content, vegetation cover, physical condition, etc. All these factors have increased variability and lead to significant variations in the reflective properties of the objects under study. Therefore, spectrophotometric information must be extracted taking into account all influencing factors. In this way, it is possible to increase the stability of spectrophotometric information about an object and, consequently, increase the reliability of the information obtained about its properties and condition. To solve the issue of minimizing the error of influencing factors, it is necessary to study the effect of each of them on the reflective properties of objects.

Under natural conditions, the soil structure changes under the influence of applied agricultural technology, irrigation and atmospheric phenomena. Water, on the one hand, contributes to the aggregation of the soil, on the other, it leads to its floating. Structureless soils are characterized by weak water resistance; they float even after a little rain. With prolonged exposure to water, they were covered with a dense crust, the reflective properties in a dry state are quite high. Therefore, the soils under agricultural land, mainly used for cotton, change significantly during the growing season. Moistening reduces the soil brightness coefficient. This occurs due to the fact that the main influencing factor on the refractive index of light at the soil-air boundary is a thin film of water and the phenomenon of total internal reflection of light occurs precisely in this thin layer of soil solution.

Soil is a multi-parameter system that changes in time and space. A change of these parameters in any combination directly affects the optical characteristics of soils. In this article we provide data on some of the main factors directly affecting the formation of soils and their optical properties. Scientists both in our country and

abroad have been studying remote methods for monitoring soil conditions [1-5].

MATERIALS AND METHODS

Object and methodology of research

The widespread use of the latest achievements of science and technology in the study of soils is one of the most important tasks of our time. Existing methods for more efficient use of land do not meet the modern requirements of the day. Thus, additional funds have to be spent on performing a large number of labor-intensive field and laboratory work. It is impossible to conduct research in hard-to-reach areas.

Therefore, spectrometric methods are widely used in remote sensing of soils both in our country and abroad. Its advantages are that in a short time it is possible to obtain accurate information about the reflectance of large areas and even study dynamic processes. The lands of the Mugan Plain of Azerbaijan were taken as the object of study. In the research work, the spectral reflectance of soils at a wavelength of 450-750 nm was studied using methods adopted in our republic and abroad, and the spectral properties were studied using an SF-18 spectrophotometer [3, 4, 6].

RESULTS AND THEIR DISCUSSION

The Mugan Plain, which we studied, is part of the Kura-Araz Plain, and sediments of the Caspian Sea, overlain by sediments of the Kur-Araz rivers, play a large role in its formation. The sediments of the Kura-Araz rivers differ sharply in their color. Thus, the sediments of the Araz River are red, and the sediments of the Kura River are gray-brown.

The relief of the Mugan Plain is quite complex. Northern Mugan, its relief and soils owe their origin to the accumulative activity of the Kur and Araz. The forming factor of Central Mugan is only the Araz River. The formation of Northern Mugan is relatively new and its formation continued until recently. As a result of periodic floods of the Kur and Araz rivers, these waters flowed towards the Northern Mugan

region Accumulative activity in the region of central Mugan ceased long ago, and the processes that led to the modern relief are of a denudation nature.

It is necessary to mention the ancient origin of the Araz River, which is below sea level. These formations are separated by very large alluvial-accumulative formations, deep dry old channels with high banks and embankments along the channel. A significant part of the Mugan Plain is below sea level. The modern form of the relief is predominantly accumulative, but in the foothill zone surrounding it from the north, the denudation-erosion type of relief pre-

vails. The slope of the surface is 0.003-0.004. Heavy soils are scattered along the edges.

The zone has a dry subtropical climate, characterized by mild winters and hot and dry summers. The average annual air temperature is 14°C, the annual precipitation is 293 mm. The amount of evaporation per year is 900-1000 mm [7, 8].

Such soil and climatic conditions of the zone also affect vegetation. The vegetation consists of semi-desert wormwood, ephemeral grass, and saltwort. However, such soil and climatic conditions of the area make it possible to obtain a bountiful harvest here due to irrigation.

Table 1 - Chemical and physico-chemical indicators of soils

Depth, sm	Hum-mus, %	CaCO ₃ , %	Amount of ab-sorbed bases, mg/eq	Absorbed cations, mg/eq			Dry resi-due, %	Grading	
				Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺¹		<0.001	<0.01
Gray-brown soils									
0-30	2.65	1.09	27.25	21.85	4.00	1.40	0.135	20.84	68.48
30-50	1.07	3.75	25.75	20.40	4.25	1.10	0.162	32.80	67.56
50-90	1.09	20.05	25.20	13.65	9.75	1.80	0.137	30.24	66.12
90-105	0.97	17.61	17.60	13.15	3.25	1.20	0.122	27.08	45.52
Gray meadow lands									
0-20	1.62	3.63	25.00	16.05	5.75	3.20	0.210	29.89	65.76
20-40	1.52	3.63	27.55	18.00	6.25	3.30	0.290	27.80	65.00
40-55	0.63	9.02	25.25	16.40	6.25	2.60	0.960	36.60	68.92
55-90	0.53	16.96	23.00	10.25	9.25	3.50	1.110	31.80	68.00
Grass-gray lands									
0-25	2.40	9.16	22.00	16.40	3.50	2.10	0.790	20.00	63.20
25-57	1.83	11.18	15.10	17.60	5.50	2.00	0.682	23.40	68.20
57-80	1.07	2.23	2.20	28.20	11.50	2.50	0.522	22.80	61.80
80-110	0.76	12.52	34.30	22.60	9.00	2.70	0.512	26.80	68.20
Wetlands									
0-25	2.05	9.25	29.50	16.50	10.50	2.50	0.730	38.80	77.60
25-45	1.60	13.90	0.30	15.70	12.30	2.30	0.540	29.20	77.10
45-60	1.30	15.31	29.70	16.30	10.70	2.70	0.635	27.30	65.50
60-75	1.01	14.27	29.20	16.20	10.10	2.90	0.590	30.41	60.40
75-100	0.90	15.01	29.70	15.40	11.20	3.10	0.720	26.50	60.20

The soil-forming rocks of the region are alluvial in nature, the soils are predominantly gray-brown, gray-grass, grass-gray, meadow-swamp, and their varieties are widespread. The physicochemical results of the soils in the region show that the soils in the region have different spectral reflectance properties depending on its type, color, composition, etc., and it has been found that its spectral reflectivity increases with increasing wavelengths [8-11].

Below are some physicochemical properties of soil types in the Mugan Plain (table 1). One of them was gray-brown soils, distributed mainly in the foothills of the Mugan Plain. As a result of laboratory analysis, it was found that the amount of humus in the upper layer (0-30 cm) of these soils is 2.65%, decreases towards the lower layers and reaches 0.97% in the layer 90-105 cm. The amount of carbonates fluctuates in a wide range (1-20%). The distribution of carbonates shows their leaching from the upper layer and accumulation in the lower layers. The absorption ca-

capacity of these soils is 17.80-27.25 mg/eq per 100 g of soil. The total amount of calcium is 13.15-27.85 mg/eq, magnesium - 3.25-2.75 mg/eq, sodium - 1.10-1.80 mg/eq. The amount of dry residue in the soil profile is 0.122-0.162%, and as you can see, these soils are slightly saline.

Change in soil attenuation coefficient depending on wavelength.

According to the granulometric composition, these soils are light and medium clayey, the amount of physical clay in the upper layer is up to 68.48%, in the lower layers - 45.52%. In this section, the change in the spectral reflectance of soils depending on different wavelengths is approximately linear. It was found that although the amount of 400 nm wavelength in the top soil layer was 23.0%, it gradually increased to 30.0% at 500 nm, 32.0% at 600 nm, 35.0% at 700 nm and 35.5% at 750 nm. The integral spectrum reflectance coefficient was 31.0%. In the lower layers, its number increased slightly and reached 40.3% (figure 1).

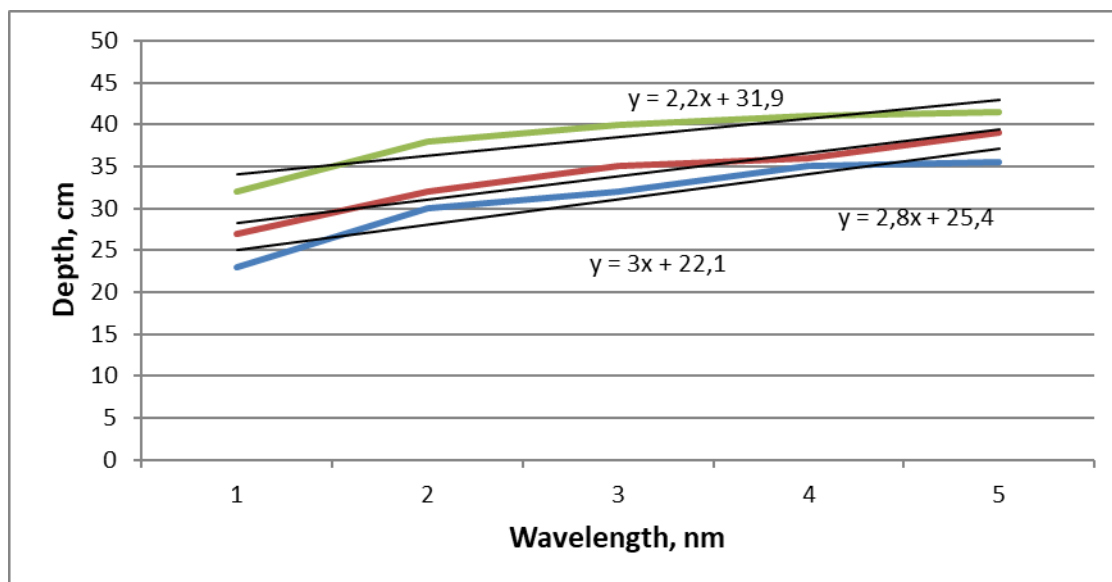


Figure 1 - Variation of reflectance with wavelength in gray-brown soil

One of the common soils in the region is gray meadow soil. In the upper layer (0-20 cm) of gray meadow soils, the

humus content is 1.62%, decreasing with depth and falling to 0.53% at a depth of 55.90 cm. The amount of carbonates varies

along the profile from 3.63 to 19, 96%, most of them are located in a layer of 55-90 cm. The amount of absorbed bases is 23.00-27.55 mg/eq per 100 g of soil along the profile. Of the amount of absorbed bases there are 10.25-18.00 mg/eq of calcium, 5.75-9.25 mg/eq of magnesium and 2.60-3.50 mg/eq of sodium. The amount of dry residue in the upper layer (0-20) is 0.210%, and in the lower layers its amount increases to 1.110%. According to their granulometric composition, these soils are classified as medium clayey. The amount of physical clay here ranges from 65.00-68.92% [1, 7, 12, 13].

Of course, all the above analysis results are reflected in the spectral reflectance. So, if at a wavelength of 400 nm the spectral reflectance of these soils was 21.5-25.0% depending on the profile, then at the next wavelength it was 38-44%, and at 750 nm - 52.5-62.5%. The integral reflection coefficient was 42.9-50.5%, respectively. One of these soils is grass-gray soils. These soils have gone through an ancient agricultural stage and are more typical of the Mugan Plain. The amount of humus in the upper layers is up to 2.40%, in the layer of 80-110 cm it decreases to 0.76% (figure 2, 3).

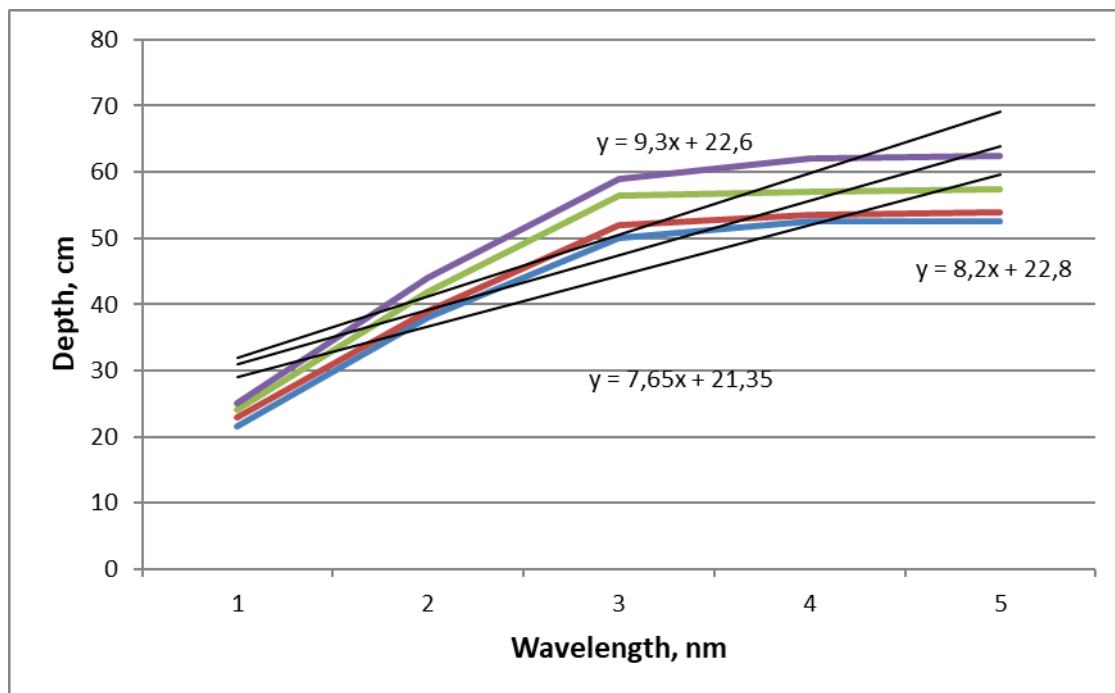


Figure 2 - Change in reflectance depending on wavelength in gray grass soils

As for the distribution of carbonates, a slight increase in their amount is observed as the lower layers pass through. So, if in the top layer of soil 0-25 cm its amount is 9.16%, then in the layer 80-116 cm its amount reaches approximately 12.52%. The amount of absorbed bases in 100 g of soil is 22.0-42.2 mg/eq, most of which is calcium (16.40-28.20 mg/eq).

Absorbed magnesium ranges from 3.50 to 11.50 mg/eq, and absorbed sodium

ranges from 2.0 to 2.7 mg/eq. The amount of dry residue in the upper layer of these soils is 0.79%; in the lower layers it decreases slightly to 0.512%. According to their granulometric composition, these soils are classified as medium clayey. The amount of physical clay ranges from 65.0-68.0%.

As can be seen from the table, it is clear that the spectral reflectance increases. Thus, its amount in the upper layer of 0-25 cm was 22.5% at a wavelength of

400 nm and 36.0% at a wavelength of 750 nm. Moving to the lower layers, its amount gradually increased in all wavelengths and ranged from 23.0 to 42.0% in the 75-100 cm

layer, respectively. The integral reflection coefficient of these soils varied along the profile in the range of 31.1-38.5% (figure 4).

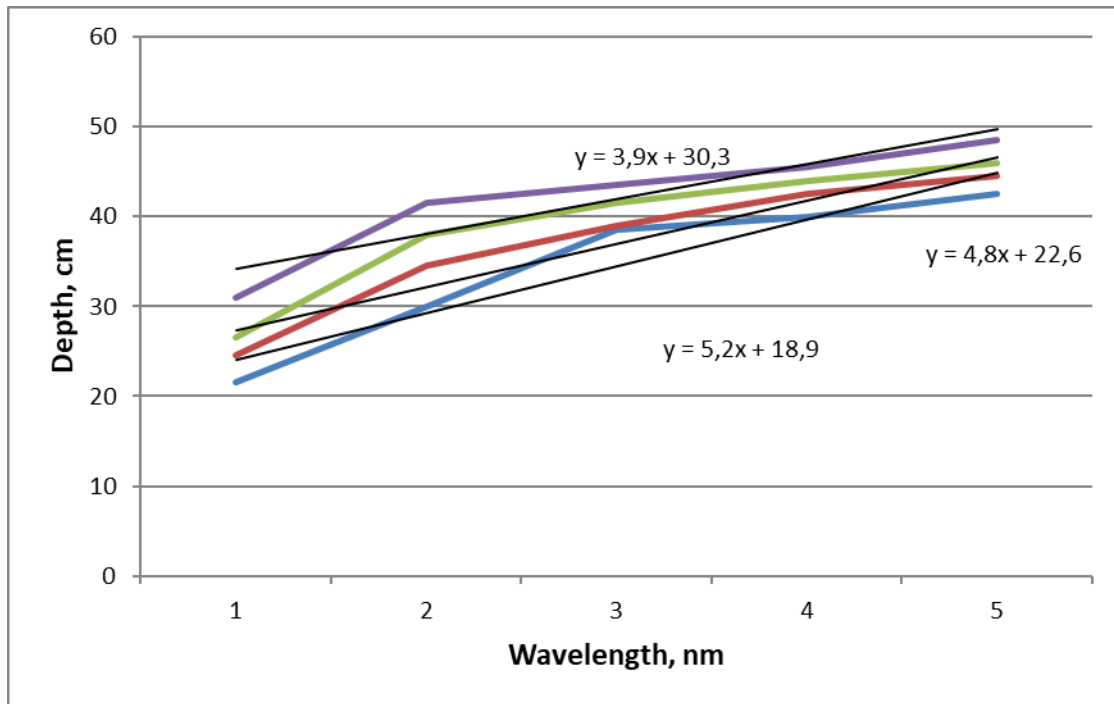


Figure 3 - Variation of reflectance with wavelength in herbaceous gray soils

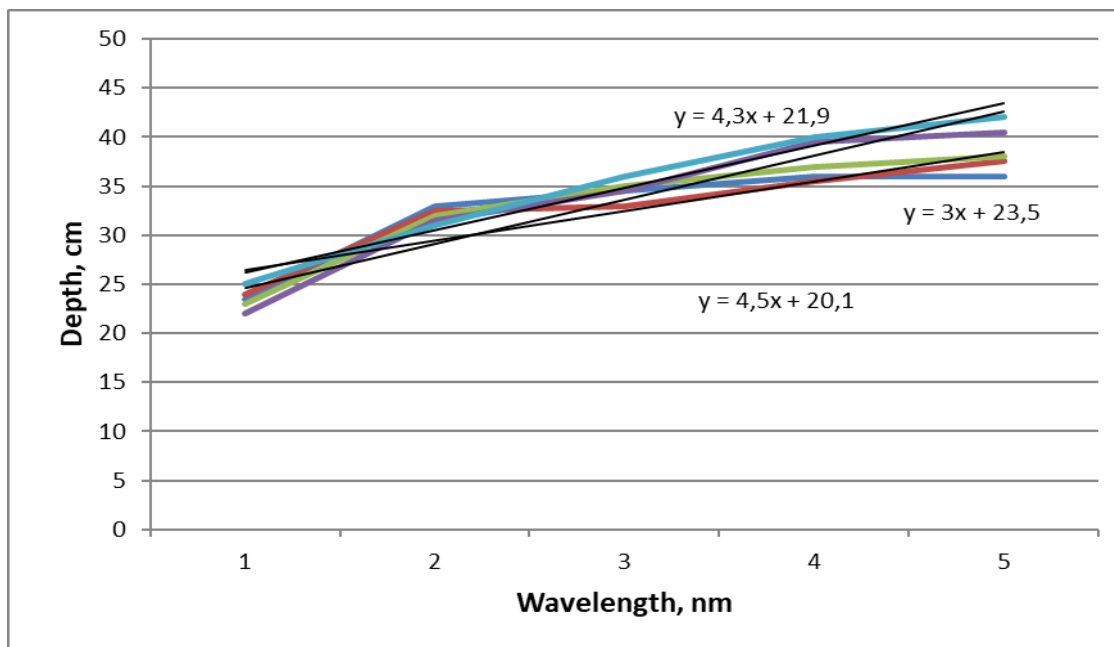


Figure 4 - Changes in reflection coefficient depending on wavelength in meadow-marsh soils

The amount of carbonates ranges from 92.5-15.31%. Absorbed bases fluctuate within a narrow range (29.50-30.30 mg/eq per 100 g of soil). calcium 15.40-16.50 mg/eq, magnesium 10.10-12.30 mg/eq and sodium 2.30-3.10 mg/eq. The soils are moderately saline, the amount of dry residue is 0.540-0.730%. In terms of granulometric composition, these soils are heavy clays of the upper layer (the amount of physical clay is 77.60%), when moving to the lower layers they become lighter and the amount of physical clay in the 75-100 cm layer is 60.20%. The integral reflection coefficient of meadow-bog soils ranged from 39.2-42.0% depending on the depth of the profile [1, 2, 14, 15].

An average monthly temperature of the soil surface is 1-3,5 °C in January, 32-35°C in July. The plant cover of the Mughan plain concerns semidesert type, there are mainly 3 kinds: wormwood, saline, hollow plants. According to the climate-condition the annual heat-loving plants, technical plant-cotton planting here is good. Diversity of the cultures was formed and they were subjected to variation in a large part of the zone. At present natural cultures can be met in the small areas of some places.

The soil cover of the Mughan plain was widely learnt by some researchers. The following soil types are available in the plain: grey-meadow less humic soils; grey-meadow mean humic soils; grey-meadow-high humic soils; primary-grey soils; meadow-grey soils. Later, main reasons of the Kur-Araz soils salinization were investigated by V. R. Volobuyev [4, 8, 14].

The author separated the meadow-grey soils into saline-like, solonchak-like, merging, gleying, irrigating species and noted utilization of these soils under cotton, grain and orchard plants. But in amelioration area M. G. Mustafayev [5],

G. Z. Azizov [7] and other specialists directed their researches to salinization and solonchakification of soils, investigation of the variation happening in utilization period.

The long researches show that incorrect irrigation of the soils under tillage, need and non-implementation of these measures in time cause the soils salinization and render their negative influence on agricultural plants which are grown there. On the other hand, one of the main reasons of the soils salinization is nearness of subsoil waters with high mineralization to the surface. While increasing the salts concentration in soil, development of both under soil and land surface organs of plants weakens, productivity reduces. Generally, to achieve the salts decrease in soil, it is advisable to apply irrigative water according to the amount of plants.

The results of the studies show that the integral reflectivity of the soil is directly proportional to dry residue, physical clay, carbonization, salinity and inversely proportional to humus. Thus, with a change in carbonization by 1%, the integral reflection coefficient is 0.93%, depending on the physical clay - 0.352%, depending on the dry residue - 4-6%, which is a direct dependence, and is 4% depending on the amount of humus, which is the inverse proportion. The study of integral reflection makes it possible in the future to determine, monitor, etc, its diagnostic features by remotely studying the soil can be used when studying signs. At the same time, it can be used as an auxiliary tool for opening (deciphering) aerospace photographs.

As a result of research, it has been established that the spectral curves of each type of soil are subject to more intense changes in a certain part of electromagnetic waves, depending on its properties.

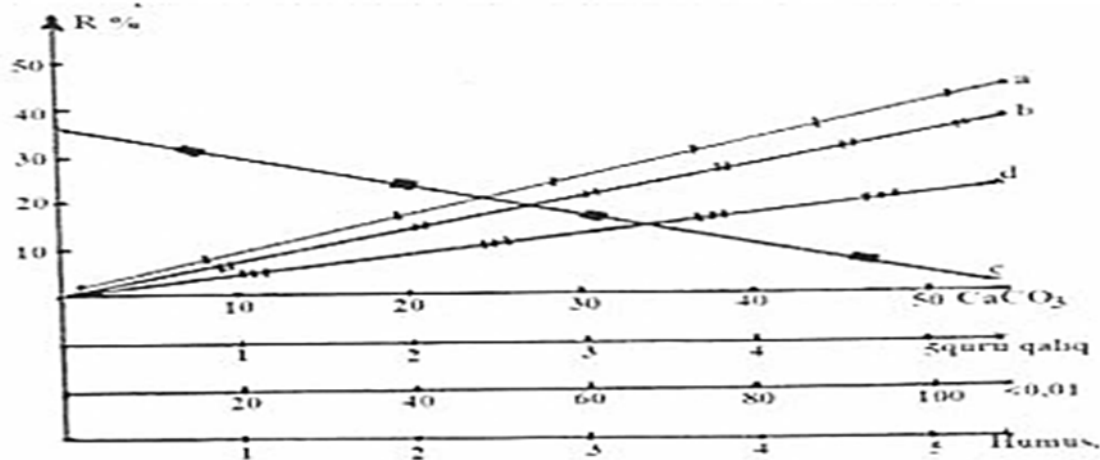


Figure 5 - Relationships between some soil properties and the integral reflection coefficient

It has been established that, depending on the properties of the soil, the integral reflectivity is directly proportional to the dry residue, carbonation and physical clay and inversely proportional to the amount of humus. So, with a change in carbonization by 1%, the integral reflection coefficient was approximately 0.93%, depending on the physical clay - 0.352%, depending on the dry residue - 4-6%, a direct relationship, and it was 4%, depending on amount of humus, it was an inverse proportion (figure 5).

CONCLUSION

Thus, the above studies make it possible to further study the soil using modern methods, determine its internal characteristics, diagnostic signs, carry out certain corrective work on the soil map, etc., which may be important. At the same time, it can be used as an auxiliary tool in determining surface moisture and soil salinity by various characteristics of plant reflection in different ranges of the electromagnetic spectrum, as a software addition to the Normalized Relative Index "NDVIGGIS" in horticulture.

REFERENCES

1. Gerayzade A.P., Jafarov A. M. On the problem of rational use of soil cover// Soils in the biosphere. Part Institute of Soil Science and Agrochemistry. September 10-14, Novosibirsk. - 2018. - P. 195-198.
2. Kocherli S.A., Jafarov A.M., Gerayzade A.P., Guliev V.A., Samadova O.A. Relationship between physicochemical properties and spectrophotometric indicators of the main types of soils of the Shirvan Plain. Department of Biological and Medical Sciences of ANAS Collection of works of the Azerbaijan Soil Science Society, Volume XV, Baku, Elm 2019, p. 397-401.
3. Orlov D.S. Spectral reflectivity of soils and their components. -M.: Moscow State University Publishing House, 2001. 176 p.
4. Samofalova I.A. Laboratory - practical classes on chemical analysis of soil. - Perm, 2013. 133 p.
5. Mustafayev M.G. - Melioration state of irrigated saline soils of the Mugano-Salyan massif of the Kura-Araks lowland// Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy.

- 2014. № 1. - P. 127-131.

6. Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. Methods for studying the physical properties of soil. Agropromizdat, Moskva, 1986, 416 p.

7. Azizov G.Z. Scientific analysis of the water-salt balance of reclaimed soils of the Kur-Araz lowland and its results. Baku, "Elm", 2006, 260 p.

8. Gasanov Yu.Ch. "Monitoring of agrophysical properties of irrigated lands in Azerbaijan" Baku, "Elm", 2013, 230 p.

9. Belyaev B. I., Kazyak E. O., Khrushcheva E. O. Study of the seasonal dynamics of the spectral reflective properties of agricultural crops in Belarus based on field spectrometry and Earth remote sensing materials// Belarusian Land. - 2016. - № 2. - P. 42-46.

10. Kocharli S.A., Gyulaliev Ch.G., Jafarov A.M. "Optical properties of the lands of the Karabakh plain and drawing up a schematic map" Institute of Geography of ANAS named after academician H.A. Aliyev Azerbaijan Geographical Society "Karabakh and Eastern Zangezur Economic materials - practical conference on the organization and management of natural-economic systems in the regions, Baku, 2022, p. 334-344.

11. Kocherli S.A., Gulaliyev Ch.G., Jafarov A.M. - "The possibility of using spectral reflection in soil research" Agro-international conference on agriculture. Abstracts of reports, Azerbaijan State Agrarian University, 2022, June 04-06, p. 446.

12. Kocharly S.A., Gyulaliev Ch.G., Jafarov A.M., Mamedova E.M., Valieva Z.M., Tagieva S.I. - "Use of optical properties in the study of soil diversity"// Modern problems of geography International scientific-practical conference. Baku. - 2022. November 20-30. - Matt. I, - P. 122-128.

13. Kocherli S.A., Jafarov A.M. The relationship between agrophysical and optical properties of the main types of soils of the Mugan Plain. ANAS "Soil Science and Agrochemistry" vol. 24, Baku, "Elm", 2019. - P. 52-57.

14. Mustafayev M. G. Change of the salt's quantity and type in the irrigated soils of the Mugan Plain and their impact on plants productivity// International Journal of Food Science and Agriculture. - 2020. - № 4 (2). - P. 101-108.

15. Gerayzade A.P., Jafarov A.M., Kocherli S.A., Sariev A.L., Guliev V.A., Samadova O.A. "On the reflection of light from the soil and its practical use" - Collection of scientific works of the Research Institute of Agriculture, vol. XXVIII. "Teacher Publishing House" Baku-2017.

ТҮҮЙН

С. Кочерли¹, М. Мустафаев^{1*}, Э. Ахмедзаде¹, З. Велиева¹, Ф. Мустафаев¹, Ф. Алиева^{1*}

МУГАН ЖАЗЫҒЫНЫҢ ТОПЫРАҚТАРЫНЫҢ ХИМИЯЛЫҚ, ФИЗИКАЛЫҚ ЖӘНЕ
ОПТИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ АРАСЫНДАҒЫ ТӘУЕЛДІЛІКТЕР

*Әзірбайжан Республикасының Ғылым және білім министрлігі, Топырақтану
және агрохимия институты, AZ1073, Баку, Мамед Рагим, 5, Әзірбайжан,
e-mail: meliorasiya58@mail.ru; fatma_alieva_1988@mail.ru

Мақалада Муган жазығы топырақтарының физика-химиялық және оптикалық қасиеттері мен байланысы қарастырылады. Муган жазығының негізгі топырақ типтерінің химиялық және физикалық қасиеттері бар интегралды шағылысу коэффициенті сұр-күрең және шалғынды-сұр топырақтардың кескініне байланысты тиісінше 31,09 - 40,3 және 31,1-38% құрап, төмен екендігі анықталды. Жоғары көрсеткіш (5%) сұр-шалғынды және батпақты-шалғынды топырақтарда құрап, сәйкесінше 42,90-50,55% және 39,20-42,00% аралығында болды. Талдар (жаңадан пайда болған батпақты немесе шөпті аймақтармен баланысты жас шөгінділер) түрінде бүкіл аумаққа таралған шөпті-батпақты топырақтар Муган жазығының шектеулі учаскелерінде, негізінен төмен жерлерде, жер асты

суларының шығатын жерлерінде, Кура өзенінің аймағында кең таралған. Шалғынды-батпақты топырақтар гумус пен ылғалдың жоғары мөлшерімен сипатталады, оларда негізінен ылғалға сезімтал өсімдіктер өседі. Жоғарғы қабаттағы гумустың мөлшері (0-25 см) 4,05% жетеді, бұл өсімдік массасының көп мөлшерінің жыл сайынғы ыдырауына байланысты. Оның мөлшері тереңдікте азаяды және 1 м тереңдікте 0,90% құрайды. Гумустың бұлай таралуы тамырлар мен тамыршалардың негізгі бөлігі топырақ профилінің осы бөлігінде орналасқандығына байланысты. Топырақтың төменгі қабаттарында өсімдік тамырлары болмауының себебі – жоғары ылғалдылық пен темір оксидінің көп мөлшеріне байланысты лайлы қабаттағы қолайсыз су-ауа режимі, бұл өсімдіктерге кері әсерін тигізеді.

Түйінді сөздер: интегралды шағылысу қабілеттілігі, гумус, спектрлік шағылысу қабілеттілігі, топырақ кесінділері, карбонаттылық.

РЕЗЮМЕ

С. Кочерли¹, М. Мустафаев^{1*}, Э. Ахмедзаде¹, З. Велиева¹, Ф. Мустафаев¹, Ф. Алиева^{1*}
ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ ХИМИЧЕСКИМИ, ФИЗИЧЕСКИМИ И ОПТИЧЕСКИМИ
СВОЙСТВАМИ ПОЧВ МУГАНСКОЙ РАВНИНЫ

¹Министерство науки и образования Азербайджанской Республики, Институт почвоведения и агрохимии, AZ1073, Баку, Мамед Рагим, 5, Азербайджан,

**e-mail: meliorasiya58@mail.ru; fatma_alieva_1988@mail.ru*

В статье рассматривается связь химико-физических свойств с оптическими свойствами почв Муганской равнины. Установлено, что интегральный коэффициент отражения с химическими и физическими свойствами основных типов почв Муганской равнины наименьший у серо-бурых и лугово-серых почв - 31,09-40,3%, и 31,10-38,0 соответственно в зависимости от профиля. Наибольшее количество (5%) приходилось на серо-луговые и болотно-луговые почвы и варьировало в пределах 42,90-50,55% и 39,20-42,00%. Травяно-болотные почвы, распространенные по всей территории в виде талов, распространены на ограниченных участках Муганской равнины, в основном в понижениях, в местах выхода грунтовых вод, в районе реки Кура. Лугово-болотные почвы характеризуются высоким содержанием гумуса и влаги, на них произрастают преимущественно влаголюбивые растения. Содержание гумуса в верхнем слое (0-25 см) достигает 4,05%, что связано с ежегодным перегниванием большого количества растительной массы. Количество его уменьшается с глубиной и на глубине 1 м составляет 0,90%. Такое распределение гумуса связано с тем, что основная масса корней и корневищ расположена в этой части почвенного профиля. Причиной отсутствия корней в нижних слоях является неблагоприятный водно-воздушный режим в иловатом слое из-за высокой влажности и большого количества оксида железа, который негативно влияет на растения.

Ключевые слова: интегральная отражательная способность, гумус, спектральная отражательная способность, почвенные разрезы, карбонатность.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

1. Kocherli Samandar Ali - leading researcher of soil physics laboratory, PhD in Agricultural Science, associate professor, e-mail: kocrlismdr@gmail.com

2. Mustafayev Mustafa Gilman ogly - head of the Soil reclamation laboratory, associate professor, e-mail: meliorasiya58@mail.ru

3. Akhmadzade Elvira Mahammad – senior researcher of soil physics laboratory, PhD in Agricultural Science, e-mail: kocrlismdr@gmail.com

4. Veliyeva Zeynab Muxtar – leading researcher of soil physics laboratory, PhD in Agricultural Science, e-mail: Veliyeva.z1958@gmail.com

5. Mustafayev Farid Mustafa – researcher of Soil reclamation laboratory, e-mail: faridmustafayev124@gmail.com

6. Aliyeva Fatma Nuraddin – researcher of soil physics laboratory, e-mail: fatma_alieva_1988@mail.ru

ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ

ГРНТИ 68.05.29; 68.29.07; 68.35.29

DOI: 10.51886/1999-740X_2025_1_15

Р.К. Жапаев¹, Г.Т. Куныпияева¹, М.Ж. Аширбеков^{1*}, А.С. Сейлхан²,**Р.Б. Кудебаев², А.А. Жаппарова³****СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИ РАЦИОНАЛЬНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПАШНИ**

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

²НАО «Казахский национальный педагогический университет имени Абая», 050010, Алматы, пр. Достык 13, Казахстан

³НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет», 050010, Алматы, пр. Абая 8, Казахстан

Аннотация. В современном земледелии одной из основных задач является сохранение и повышение почвенного плодородия, а также увеличение валового производства продукции растениеводства. Бессменный посев и нерациональная эксплуатация земель при низком уровне агротехники приводят к резкому снижению плодородия почв. Кроме того, в последние десятилетия изменение климата было связано с неравномерным распределением осадков и большими колебаниями суточных температур из-за повышения концентрации CO₂ в атмосфере. Способность управления почвенным плодородием заключается в регулировании почвенных процессов за счет применения различных способов обработки почвы, при котором создаются оптимальные условия для жизни растений. Поэтому перед современным земледелием остро стоит проблема уменьшения неблагоприятного влияния обработки на почвенное плодородие. В связи с этим необходимо рационально использовать земли, повышать плодородие почвы с целью получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур и наибольшего выхода продукции с единицы площади при наименьших затратах труда и материальных средств. Высокая урожайность зерна чечевицы (15,3 ц/га) была при вспашке на 20-22 см, при минимальной обработке почвы – 13,3 ц/га, а при нулевой обработке почвы урожайность составила – 11,2 ц/га. Цель исследований – определить эффективность разных приемов обработки почвы и их влияние на водно-физические свойства в условиях неустойчивого увлажнения богары юго-восточного региона Казахстана. Основным направлением в решении данной проблемы послужило применение разных приемов обработки почвы. Установлено, что улучшение агрофизических показателей почвы на богаре юго-востока Казахстана зависит от применения различных приемов, в том числе минимальной и нулевой обработки почвы. По итогам исследований средняя урожайность зерна гречихи на варианте со вспашкой составила 19,9 ц/га, минимальной обработке почвы – 15,8 ц/га и нулевой – 18,1 ц/га. Средний урожай чечевицы за три года исследований составил – 11,2-15,3 ц/га.

Ключевые слова: фитосанитарное состояние посевов, минимальная обработка почвы, плотность и плодородие почвы, продуктивная влага, гречиха, чечевица, урожай.

ВВЕДЕНИЕ

Территория Казахстана отличается большим разнообразием природно-климатических условий. В зонах недостаточного увлажнения находятся 80% обрабатываемых земель, в том числе и богарные земли юго-востока Казах-

стана, характеризующиеся повышенной засушливостью. Из общей площади богарные земли в регионе составляют 1,4 млн га, при этом наибольший удельный вес приходится на необеспеченную богару (64%), а полуобеспеченная и обеспеченная богара занимают 26 и

10% соответственно. В условиях юго-востока Казахстана по годовой величине осадков, абсолютной высоте над уровнем моря и величине суммарной температуры воздуха принято деление богарных земель на: необеспеченную (с годовой суммой осадков от 200 до 280 мм), полуобеспеченную (от 280 до 400 мм) и обеспеченную (свыше 400 мм) осадками богару. В связи с этим внедрение на этих площадях почвозащитной технологии, подбор культур, сортов и гибридов, способствует не только повышению продуктивности культур, накоплению мульчи и сохранению влаги в почве, но и снижению уровня выброса парниковых газов.

Длительная эксплуатация земель при низком уровне агротехники привела к резкому снижению плодородия почв, считается, что почвы потеряли к настоящему времени до 30% гумуса, по сравнению с уровнем 1954 года. Снижение содержания гумуса, ухудшение структурного состояния почвы [1, 2], а также снижение других свойств почв влияют непосредственно на условия жизни растений и на ее продуктивность. Кроме того, в последние несколько десятилетий изменение климата было связано с неравномерным распределением осадков и большими колебаниями суточных температур из-за повышения концентрации CO_2 в атмосфере.

В связи с этим, в современном земледелии одной из основных задач является сохранение и повышение почвенного плодородия, а также увеличение продуктивности возделываемых сельскохозяйственных культур [3, 4]. Способность управления почвенным плодородием заключается в регулировании почвенных процессов за счет применения различных способов обработки почвы, при которых создаются оптимальные условия для жизни растений. Кроме того, при возделывании сельскохозяйственных культур расхо-

дуются минеральные и органические вещества, ухудшаются водный и воздушный режимы, фитосанитарное состояние и т.д. При этом обработка почвы остается важнейшим агротехническим мероприятием в системе земледелия, определяющим водно-воздушное, минеральное питание растений существенно влияющим на урожайность полевых культур [5, 6]. Составной частью почвенного плодородия являются агрофизические свойства почв. Они определяют механические свойства почвы и прямо или косвенно оказывают влияние на все факторы жизни растений. Наиболее благоприятные условия для роста и развития растений складываются на почвах среднего гранулометрического состава [7]. Поэтому перед современным земледелием остро стоит проблема уменьшения неблагоприятного влияния обработки на почвенное плодородие.

Всемирная метеорологическая организация (ВМО) в начале 2018 года сообщила, что последние четыре года – с 2015 по 2018 год – стали самыми теплыми в истории наблюдений за погодой. В распространенном в Женеве заявлении говорится, что по результатам анализа данных международных центров средняя температура на земной поверхности в 2018 году была примерно на 1 градус Цельсия выше базовых доиндустриальных значений. Наибольший показатель превышения средней температуры за последние годы приходится на 2016 год – 1,2 градуса. В 2015 и 2017 годах это превышение составляло 1,1 градуса [8].

В среднем по территории Казахстана за период 1976-2018 гг. повышение среднегодовой температуры воздуха составляют $0,31^\circ\text{C}$ каждые 10 лет. Тренды средней годовой температуры, усредненной по областям Казахстана, положительные и статистически значимые. Наиболее быстрыми темпами потепление происходит в юго-западных

областях Казахстана (от 0,32°C/10 лет до 0,50°C/10 лет), более медленными – в северо-, северо-восточных и центральных областях (от 0,19°C/10 лет до 0,23°C/10 лет) [9]. Такой прогноз развития событий не может не сказаться на социально-экономическом росте страны. И в первую очередь происходящие изменения отражаются на сельскохозяйственной отрасли.

Расчеты экспертов ПРООН показали, что в условиях ожидаемого климата урожайность яровой пшеницы к 2030 году в среднем по областям составит 63-91% от их современного уровня. А при сохранении нынешнего уровня культуры земледелия до 2050 года показатели урожайности яровой пшеницы понизятся на 13-49%. Наибольшие изменения прогнозируются в основных зерносеющих областях – Северо-Казахстанской, Акмолинской и Костанайской [3].

Коллективом ученых ТОО «НПЦ Зернового хозяйства имени А.И. Бараева» для степной зоны Казахстана и Сибири разработана почвозащитная система земледелия, которая базируется на минимальной и нулевой обработке почвы с сохранением на ее поверхности стерни. Сохранность стерни и измельченной соломы и наименьшее распыление почвы рабочими органами сельскохозяйственных машин положены в основу почвозащитной обработки почв, применяемой в сельском хозяйстве в настоящее время [6].

Глобальный метаанализ по оценке влияния различных методов обработки почвы и факторов окружающей среды показал, что в богарных условиях и засушливом климате урожайность сельскохозяйственных культур при нулевой обработке почвы зачастую равна или выше, чем при использовании традиционных методов [10].

Таким образом, для замедления процесса деградации почвы,

сокращения трудозатрат, сохранения почвенной влаги, увеличения доступности питательных веществ для растений, повышения урожайности культур, необходим переход к минимальной и нулевой обработке почвы, которые в последнее время все более широко применяются во всем мире. Способы минимальной и нулевой обработки почвы улучшают ее структуру, увеличивают содержание органического вещества и плодородие.

Цель исследований – выявить эффективность различных приемов обработки почвы и их влияние на агрегатный состав и структуру почвы, в условиях засушливого климата юго-востока Казахстана.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Полевые исследования проведены на экспериментальной базе ТОО «КазНИИЗиР», расположенной в предгорной зоне Заилийского Алатау на светло-каштановых почвах. Почвы опытного участка сформированы на лессовидных суглинках, имеют выраженный гумусовый профиль. Характерной чертой светло-каштановых почв является их высокая карбонатность, вскипание отмечается от HCl с поверхности. По гранулометрическому составу почва относится к крупно-пылеватым средним суглинкам, содержание физической глины - 39-42%, крупной пыли - 45-51%, ила 12-17%. Обеспеченность почвы легкогидролизуемым азотом – средняя, подвижным фосфором – низкая, обменным калием – высокая. В верхнем горизонте содержание гумуса до 2,02%, валового азота - 0,12-0,14%.

Решение поставленных задач осуществлялось путем закладки и проведения полевых опытов и лабораторных исследований.

Полевые опыты заложены в условиях полубеспеченной богары на трех вариантах обработки почвы

(вспашка на глубину 20-22 см, минимальная - 8-10 см, нулевая) в трехкратной повторности, размещение

делянок – систематическое. Объектами исследований: гречиха и чечевица (рисунок 1).



Рисунок 1 – Посевы гречихи и чечевицы в условиях полуобеспеченной богары

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

Подготовка почвы проведена в первой декаде апреля (рисунок 2) и через два дня в начале второй декады апреля проведен посев гречихи.

В первой декаде июля проведен посев чечевицы в качестве пожнивной культуры после уборки озимой пшеницы. Посев гречихи и чечевицы провели рядовым способом сеялкой прямого сева Vence-Tudo (Бразилия) с нормой высева семян 80 кг/га и одновременным внесением фосфорных удобрений (аммофоса) из расчета 100 кг/га (рисунок 3).

Проведение наблюдений и учетов выполняли по методике Б.А. Доспехова [10]. Определение водно-физических свойств почвы проведены по методике Н.А. Качинского [11].

Сопутствующие наблюдения и учеты в опытах проведены по методикам, принятым в агрономических исследованиях.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По многолетним данным метеостанции ТОО «КазНИИЗиР» среднегодовая температура воздуха составляет +7,6°C. Самый жаркий месяц года июль со среднемесячной температурой воздуха 24,1°C. Температура ниже 5°C устанавливается во второй-третьей декаде октября. Устойчивый снежный покров образуется в конце ноября и в начале декабря, количество дней со снежным покровом составляет 85-100 суток. Сумма положительных активных температур за период вегетации растений (апрель-сентябрь) достигает 3429°C. За этот же период величина атмосферных осадков в регионе колеблется в больших пределах от 110,2 до 435,3 мм. По среднемноголетним данным, основное количество осадков выпадает в весенний период.

Метеорологические условия. Главной особенностью режима выпадения осадков является приуроченность их максимума к весеннему периоду, а минимума – к летнему. Зимние осадки составляют 15-25% от годовой суммы, на летние осадки приходится

немногим более 20% и столько же – на долю осенних. Максимальные запасы влаги в почве формируются к началу весенних полевых работ. Весна отличается погодной неустойчивостью, частыми возвратами холодов. Осень – продолжительная и сравнительно теплая. Среднесуточные значения относительной влажности воздуха летом опускаются до 30-34%. Высокая температура и низкая относительная влажность воздуха способствуют интенсивному испарению влаги, усиленной транспирации воды растениями и иссушению почвы.

Погодные условия первого года исследований (2021 г.) резко отличались от среднемноголетних значений и характеризовались большим разнообразием климатических изменений (таблица 1). Весна 2021 года оказалась более влажной (на 88,9 мм) и теплой по сравнению с многолетними показателями, особенно в марте месяце, которая отличалась превышением многолетних показателей на 3,4°C. Осадки, выпавшие в начале весны способствовали достаточному накоплению влаги в почве для обеспечения полных всходов на посевах изучаемых культур. Все лето по температурному фону, кроме последнего месяца было жарким по сравнению с среднемноголетними показателями на 1,9-2,7°C, а осадков выпало ниже нормы на 30,8 мм. По погодным условиям лето 2021 года

характеризовалось как острозасушливое и жаркое. Все эти факторы повлияли на вегетационный рост, развитие растений и урожайность изучаемых культур.

Метеорологические условия второго года исследований (2022 г.) характеризовались, как благоприятный год для роста, развития растений и получения высоких урожаев изучаемых культур. Весна 2022 года по метеоданным была более влажной (на 193,9 мм) и теплой по сравнению с многолетними показателями. Весенние осадки способствовали достаточному накоплению влаги в почве для получения дружных всходов на посевах изучаемых культур, а значительное количество осадков за май месяц способствовало дополнительному накоплению запаса продуктивной влаги в почве и дальнейшему росту и развитию изучаемых культур. В летние месяцы, кроме августа, температура была выше среднемноголетних показателей на 2,4-3,1 градусов, и по количеству осадков наблюдался дефицит, ниже нормы на 56,7 мм. По агрометеорологическим условиям летний период характеризовался, как острозасушливый и жаркий, однако осадки, выпавшие в весенний период, способствовали накоплению достаточного запаса влаги в почве, что в конечном счете отразилось, и на урожайности изучаемых культур.

Таблица 1 – Метеоусловия за март-август месяцы 2021-2023 гг.

Месяцы	Осадки (мм)				Температура воздуха (°C)			
	2021	2022	2023	Среднее	2021	2022	2023	Среднее
Март	117,9	168,6	61,2	48,8	4,1	5,8	8,4	0,7
Апрель	56,3	46,8	68,2	56,5	12,4	16,7	11,9	10,4
Май	81,6	145,4	43,4	61,6	19,4	19,0	17,2	16,4
Июнь	20,9	35,9	4,3	53,9	23,1	24,3	24,6	21,2
Июль	22,8	15,1	33,6	26,6	26,9	26,5	27,1	24,1
Август	27,2	8,2	72,9	21,2	22,1	22,6	24,9	22,1
Март-Август	326,7	420,0	283,6	268,6	18,0	19,2	19,0	15,8

Климат вегетационного периода 2023 года для роста и развития растений изучаемых культур был неблагоприятным за счет нехватки влаги и жаркой погоды в летний период. Количество выпавших осадков в зимние месяцы последнего года исследований (2023 г.) составило 70,9 мм, что на 12,4 мм ниже среднемноголетних данных, а весной – 172,8 мм, что на 80,4 мм ниже среднемноголетних данных. В летнее время также наблюдался дефицит влаги, и количество выпавших осадков соста-

вило 110,8 мм, что на 87,3 мм ниже среднемноголетних данных, из которых 72,9 мм выпали только в августе месяце, т.е. во время налива зерна изучаемых культур, в июне и июле наблюдалась жаркая погода с незначительным количеством осадков.

В целом по характеристикам метеоусловий годы исследований для нормального роста и развития растений изучаемых культур были благоприятными за счет накопления запасов продуктивной влаги в весенний период.



Рисунок 2 – Способы обработки почвы на стационаре лаборатории земледелия



Рисунок 3 – Весенний и летний посев культур бразильской сеялкой Vencetudo SA-7300

Плотность почвы является показателем ее агрофизического состояния, от которой зависит рост и развитие растений, а также продуктивность культур. При этом она должна находиться в определенных пределах, т.е. оптимальном диапазоне. Оптимальный диапазон плотности для большинства культур в суглинистых почвах считается 1,00-1,30 г/см³ [12], а по мере снижения содержания общего гумуса происходит смещение оптимальной плотности в сторону уплотнения. Плотность почвы зависит от способов обработки, в том числе и нулевой, при котором уменьшение основных обработок, способствует формированию растительной мульчи, аналога подстилки из растительного опада растений [13].

Результаты определения плотности почвы показали, что наименьшая уплотненность 0-30 см слоя отмечалась в начале вегетации возделываемых культур при вспашке на 20-22 см (1,18 г/см³) по сравнению с минимальной обработкой на 8-10 см (1,20 г/см³) и нулевой обработкой (1,22 г/см³) (рисунок 4).

Продуктивная влага является одним из основных факторов, влияю-

щих на состояние сельскохозяйственных культур в течение вегетации. В засушливой зоне лучшие результаты показывают возделывание сельскохозяйственных культур по технологии No-till [14]. А наличие мульчи на поверхности почвы сохраняет влагу от испарения и улучшает ее инфильтрацию, чтобы сделать ее доступной для растений во время засушливого периода [15].

В 2021-2023 годы результаты исследований продуктивной влаги в течении вегетации возделываемых культур, представленные в таблице 2 показывают, что наибольшие ее содержание в метровом слое отмечалось в начале вегетативного сезона на варианте нулевой обработки – 172,7-189,1 мм и оценивалось как удовлетворительное. Средние показатели продуктивной влаги наблюдались в основном при минимальной обработке почвы, в частности под посевами чечевицы – 148,2 мм и гречихи – 150,2 мм. К уборке на всех вариантах опыта отмечалось снижение влагосодержания до уровня неудовлетворительного и низкого - в интервале 11,1-63,2 мм. При этом максимальное количество влаги отмечено при нулевой обработке почвы.

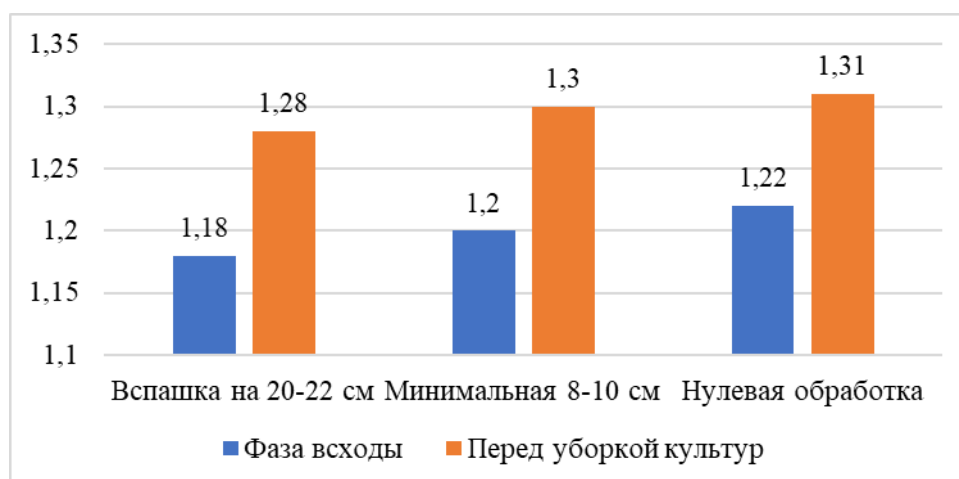


Рисунок 4 – Плотность (г/см³) светло-каштановой почвы при разных способах обработки (в среднем за 2021-2023 гг.)

Таблица 2 – Запасы продуктивной влаги (мм) в светло-каштановой богарной почве при применении разных способов обработки почвы (среднее за 2021-2023 гг.)

Культура	Способы обработки почвы	Фаза всходы	Перед уборкой
Чечевица	Вспашка на 20-22 см	126,3	11,1
	Минимальная 8-10 см	148,2	13,0
	Нулевая обработка	189,1	49,1
Гречиха	Вспашка на 20-22 см	129,3	16,3
	Минимальная 8-10 см	150,2	12,1
	Нулевая обработка	172,7	63,2

В 2021-2023 годы начальный период роста и развития растений изучаемых культур проходил в благоприятных условиях за счет запаса продуктивной влаги в почве, в летние месяцы осадков практически не было, развитие растений проходило за счет накопленной влаги весной, и это все повлияло на формирование урожая изучаемых культур. Так, средняя урожайность зерна гречихи за три года на варианте со вспашкой составила 19,9 ц/га, при минимальной обработке почвы – 5,8 ц/га, при нулевой – 18,1 ц/га (рисунок 5).

В условиях светло-каштановых почв юго-востока Казахстана формирование урожая пожнивных культур во многом зависит как от применяемой агротехники, так от условий года возделывания. Гарантированный урожай товарной продукции при пожнивном посеве после озимой пшеницы обеспечивала чечевица. Как видно из рисунка 6, пожнивное возделывание чечевицы в течение трех лет обеспечивало гарантированный урожай в пределах 11,2-15,3 ц/га.

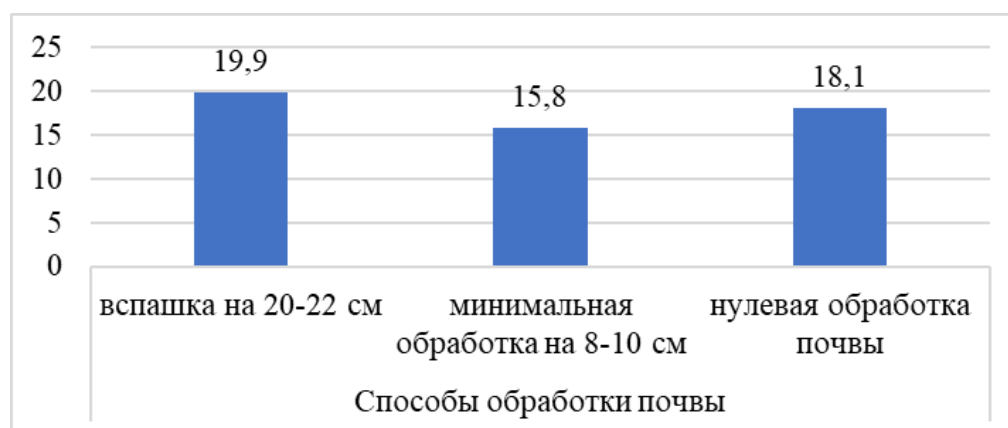


Рисунок 5 – Урожайность зерна гречихи изучаемых культур при разных способах обработки почвы (в среднем за 2021-2023 гг.), ц/га



Рисунок 6 – Урожайность чечевицы в зависимости от способов обработки почвы (в среднем за 2021-2023 гг.), ц/га

При этом возделывание чечевицы в пожнивном посеве после озимой пшеницы обеспечивает достаточно хороший урожай семян. Более высокие урожаи семян чечевицы получены при отвальной вспашке после уборки озимой пшеницы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для разработки технологических систем выращивания гречихи и чечевицы определены агрофизические показатели почвы в зависимости от применения вспашки, минимальной и нулевой обработки.

Средняя урожайность зерна гречихи в зависимости от способов обработки почвы варьировала в пределах 18,1-19,9 ц/га. Высокая урожайность зерна гречихи (19,9 ц/га) получена при вспашке на глубину 20-22 см, а при нулевой обработке – ниже на 1,8 ц/га.

Средний урожай чечевицы за 3 года составил от 11,2 до 15,3 ц/га. Высокая урожайность зерна чечевицы (15,3 ц/га) получена при вспашке на 20-22 см, при минимальной – 13,3 ц/га, а при нулевой – 11,2 ц/га.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киреев А.К., Сапаров А.С. Научные основы применения нулевой обработки почвы на богарных землях юго-востока Казахстана// Почвоведения и агрохимия – 2010. -№1. – С.45-49.
2. Нурпеисов И.А., Киреев А.К., Бастаубаева Ш.О. Оптимизация структуры посевных площадей на юго-востоке Казахстана// Земледелие -2012. -№6. – С. 17-19.
3. Киреев А.К. Научные основы богарного земледелия на Юго-востоке Казахстана / А. К. Киреев; МСХ РК, АО «КазАгроИнновация», КазНИИЗиР. – Алматы: Асылкітап, 2010. – 327 с.
4. Инновационные технологии возделывания полевых культур в АПК

Самарской области: учебное пособие / В.А. Корчагин, С.Н. Шевченко, С.Н. Зудилин, О.И. Горянин. – Кинель: РИЦ СГСХА, 2014. – 192 с.

5. Галкин А.А., Пасин А.В., Кистанова Л.А., Пасин П.А. Инновационные технологии обработки почвы при посеве зерновых культур в условиях Нижегородской области// Успехи современного естествознания. – 2016. – №8. – С. 73-77.

6. Небавский В. Особенности перехода к прямому посеву// Аграрный консультант. – 2011. – №2(2). – С. 6-10.

7. Соколов М.С., Глинушкин А.П., Надыкта В.Д. Актуальность для России руководящих принципов ФАО по реабилитации деградированных почв// Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем. Краснодар: ВНИИБЗР, 2018. - Вып. 10. – С. 533-545.

8. Кочмина Е. О., Чекаев Н. П. Влагосберегающая эффективность технологии no-till при возделывании озимой пшеницы// Нива Поволжья. – 2016. – № 1 (38). – С. 35-40.

9. Верхулст Н., Франсуа И., Говаэртс Б. Почвозащитное и ресурсосберегающее земледелие: как улучшить качество почв и создать устойчивые системы сельскохозяйственного производства? Теория и методика исследований. -Анкара, 2015. – 175 с.

10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. - М.: Агропромиздат, 1985. – С. 351.

11. Качинский Н.А. Физика почв. - Москва: Высшая школа. Часть II. Водно-физические свойства и режимы почв. –1970. – 363 с.

12. Kurachenko N.L., Kolesnikov A.S., Romanov V.N. Influence of tillage on the agrophysical state of chernozem and productivity of spring wheat. SiberianBull// Agric. Sci. 2018. - Т. 48(1). - P. 44-50.

13. Polyakov D.G. Tillage and direct seeding: agrophysical properties of chernozems and field crop yields// Agriculture - 2021. – № 2. - P. 37–43.

14. Volters I.A., Vlasova O.I., Perederieva V.M., Trubacheva L.V. The influence of crop cultivation technologies on agrophysical factors of fertility in various soil and climatic zones of the Stavropol Territory// Vestnik of the Upper Volga Agroindustrial Complex - 2022. - Т. 4 (60). - P. 12-20.

15. Mrabet R. Effects of residue management and cropping systems on wheat yield stability in a semiarid Mediterranean clay soil// Am. J. Plant Sci.- 2011.– №2. - P. 202-216.

REFERENCES

1. Kireev A.K., Saparov A.S. Scientific bases of application of zero tillage on rain-fed lands of the south-east of Kazakhstan// Soil science and agrochemistry – 2010. - № 1. – S. 45-49.

2. Nurpeisov I.A., Kireev A.K., Bastaubaeva Sh.O. Optimization of the structure of acreage in the south-east of Kazakhstan// Agriculture. – 2012. - № 6. – S. 17-19.

3. Kireev A.K. Scientific foundations of rain-fed agriculture in the South-east of Kazakhstan / A.K. Kireev; M-in rural households of the Republic. Kazakhstan, KazAgroInnovation JSC, Kaz. Scientific research. Institute of Agriculture and crop production. – Almaty: Asyl kitap, 2010. – S. 327.

4. V.A. Korchagin, S.N. Shevchenko, S.N. Zudilin, O.I. Goryanin. Innovative technologies of cultivation of field crops in the agro-industrial complex of the Samara region: a textbook. – Kinel: RICSGSHA, 2014. – 192 s.

5. Galkin A.A., Pasin A.V., Kistanova L.A., Pasin P.A. Innovative technologies of soil

tillage when sowing grain crops in the conditions of the Nizhny Novgorod region// Successes of modern natural science. – 2016. – №8. – S. 73-77.

6. Nebavsky V. Features of the transition to direct sowing// Agrarian consultant. – 2011. – №2 (2). – S. 6-10.

7. Sokolov M.S., Glinushkin A.P., Nadykta V.D. Relevance of the FAO guidelines for Russia on rehabilitation of degraded soils// Biological protection of plants – the basis for stabilization of agroecosystems. Krasnodar: VNIIBZR. - 2018. - Iss. 10. – S. 533-545.

8. Kochmina E.O., Chekaev N.P. Moisture-saving efficiency of no-till technology in the cultivation of winter wheat// Niva of the Volga region. – 2016. – №1 (38) – S. 35-40.

9. Verhulst N., Francois I., Govaerts B. Soil protection and resource-saving agriculture: How can soil quality be improved and sustainable agricultural production systems be created? Theory and methodology of research. Ankara, 2015. – 175 s.

10. Dospekhov B.A. Methods of field experience. Agropromizdat. – 1985. – 351 s.

11. Kachinsky N.A. Soil physics. Moscow: Higher School. Part II. Water-physical properties and soil regimes. – 1970. - 363 s.

12. Kurachenko N.L., Kolesnikov A.S., Romanov V.N. Influence of tillage on the agrophysical state of chernozem and productivity of spring wheat// Siberian Bull. Agric. Sci. - 48(1). - P. 44-50.

13. Polyakov D.G. Tillage and direct seeding: agrophysical properties of chernozems and field crop yields// Agriculture. - № 2. - P. 37-43.

14. Volters I.A., Vlasova O.I., Perederieva V.M., Trubacheva L.V. (2022). The influence of crop cultivation technologies on agrophysical factors of fertility in various soil and climatic zones of the Stavropol Territory// Vestnik of the Upper Volga Agroindustrial Complex. - T. 4 (60). - P. 12-20.

15. Mrabet R. Effects of residue management and cropping systems on wheat yield stability in a semiarid Mediterranean clay soil// Am. J. Plant Sci.-2011.– №2. - P. 202-216.

ТҮЙІН

Р.К. Жапаев¹, Г.Т. Құныпияева¹, М.Ж. Аширбеков^{1*},

А.С. Сейілхан², Р.Б. Күдебаев², А.А. Жаппарова³

ЕГІСТІК ЖЕРЛЕРДІ ҰТЫМДЫ ПАЙДАЛАНУ КЕЗІНДЕГІ ТОПЫРАҚТЫ ӨНДЕУ
ӘДІСТЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ТИІМДІЛІГІ

¹«Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты»

ЖШС, 040909, Алматы облысы, Қарасай ауданы, Алмалыбақ ауылы,

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

²«Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті» КеАҚ,

050010, Алматы, Достық даңғылы, 13, Қазақстан;

³«Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті» КеАҚ,

050010, Алматы, Абая даңғылы 8, Қазақстан

Қазіргі егіншіліктің негізгі міндеттерінің бірі топырақ құнарлылығын сақтап арттыру. Сондай-ақ, өсімдік шаруашылығы өнімдерінің жалпы өндірісін ұлғайту болып табылады. Ауылшаруашылық технологиясының төмен деңгейімен жерді тұрақты егу және ұтымсыз пайдалану топырақ құнарлылығының күрт төмендеуіне әкеледі. Сонымен қатар, соңғы онжылдықтарда климаттың өзгеруі атмосферадағы CO₂ концентрациясының жоғарылауына байланысты жауын-шашынның біркелкі бөлінбеуімен және күнделікті температураның үлкен ауытқуымен байланысты болды. Топырақ құнарлылығын басқару

қабілеті өсімдіктердің өмір сүруі үшін оңтайлы жағдайлар жасалатын топырақты өңдеудің әртүрлі әдістерін қолдану арқылы топырақ процестерін реттеу болып табылады. Сондықтан қазіргі егіншіліктің алдында – өңдеудің топырақ құнарлылығына жағымсыз әсерін азайту мәселесі өткір тұр. Осыған байланысты жерді ұтымды пайдалану, ауыл шаруашылығы дақылдарынан жоғары және тұрақты өнімін алу және еңбек пен материалдық қаражаттың ең аз шығыны кезінде аудан бірлігінен ең көп өнім алу мақсатында топырақтың құнарлылығын арттыру қажет. Зерттеу нәтижелері бойынша қарақұмық дәнінің жер жырту нұсқасындағы орташа өнімділігі 19,9 ц/га, ең аз өңдеу нұсқасында – 15,8 ц/га, нөлдік өңдеу нұсқасында – 18,1 ц/га құрады. Үш жылдық зерттеулерде жасымықтың орташа өнімділігі 11,2-15,3 ц/га аралығында болды, бұл жасымық дәнінің жоғары өнімділігі 20-22 см жер жырту кезінде, топырақты ең аз, яғни минималды өңдеу кезінде – 13,3 ц/га, ал топырақты нөлдік өңдеу кезінде өнімділік – 11,2 ц/га құрады. Зерттеудің мақсаты Қазақстанның оңтүстік-шығыс өңірі аймағының тұрақсыз ылғалдануы жағдайында топырақты өңдеудің әртүрлі әдістерінің тиімділігін және олардың су-физикалық қасиеттеріне әсерін анықтау болып табылады. Бұл мәселені шешудің негізгі бағыты топырақты өңдеудің әртүрлі әдістерін қолдану болды. Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы агрофизикалық және т.б. топырақ көрсеткіштерін жақсарту топырақты өңдеудің әртүрлі әдістерін, соның ішінде топырақты минималды және нөлдік өңдеуді қолдануға байланысты екені анықталды.

Түйінді сөздер: дақылдардың фитосанитарлық жағдайы, топырақты минималды өңдеу, топырақтың тығыздығы, тәлімі жер, топырақ құнарлылығы, өнімді ылғалдылық, қарақұмық, жасымық, егін.

SUMMARY

R.K. Zhapayev¹, G.T. Kunyapiyeva¹, M.Zh. Ashirbekov^{1*},
A.S. Seiyilkhan², R.B. Kudabayev², A.A. Zhapparova³

METHODS OF TILLAGE AND THEIR EFFECTIVE NESSIN THE RATIONAL USE OF ARABLE LAND

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

²*«Kazakh National Pedagogical University named after Abai» Non-profit Joint stock Company, 050010, Almaty, Dostyk ave. 13, Kazakhstan*

³*«Kazakh National Agrarian Research University» Non-profit Joint stock Company, 050010, Almaty, Abaya ave 8, Kazakhstan*

In modern agriculture, one of the main tasks is to preserve and increase soil fertility, as well as increase gross crop production. Permanent sowing and irrational land exploitation with a low level of agricultural technology leads to a sharp decrease in soil fertility. In addition, in recent decades, climate change has been associated with uneven precipitation distribution and large fluctuations in daily temperatures due to increased CO₂ concentrations in the atmosphere. The ability to manage soil fertility is to regulate soil processes through the use of various methods of tillage, which creates optimal conditions for plant life. Therefore, modern agriculture is faced with the acute problem of reducing the adverse effects of cultivation on soil fertility. In this regard, it is necessary to use land rationally, increase soil fertility in order to obtain high and sustainable yields of crops and the highest output per unit area with the least labor and material resources. The purpose of the research is to determine the effectiveness of various methods of tillage and the impact on their water-physical properties in conditions of unstable moisture in the Bogary region of Southeastern Kazakhstan. The main direction in solving this problem was the use of various methods of tillage. The main direction in solving this problem was the use of various methods of tillage. According to the research results, the average yield of buckwheat grain in the ploughing variant was 19.9 c/ha, minimum tillage was 15.8 c/ha, and zero tillage was 18.1 c/ha. The average yield of lentils over the three years of research was in the range of 11.2-15.3 kg/ha, which ensured

a high yield of lentil grain when plowing by 20-22 cm, with minimal tillage – 13.3 kg/ha, and with zero tillage, the yield was 11.2 kg/ha. It has been established that the improvement of agrophysical soil indicators in the rain forest in the south-east of Kazakhstan depends on the use of various methods, including minimum and zero tillage.

Keywords: phytosanitary condition of crops, minimal tillage, soil density, rich lands, soil fertility, productive moisture, buckwheat, lentils, harvest.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. Жапаев Рауан Кайтбекович - заведующий лабораторией «Земледелие», кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, e-mail: r.zhapayev@mail.ru

2. Куныпияева Гуля Тлеужанқызы - старший научный сотрудник лаборатории «Земледелие», кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: kunypiyeva_gulya@mail.ru

3. Аширбеков Мухтар Жолдыбаевич - старший научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: mukhtar_agro@mail.ru

4. Сейлхан Айнур Сейлханқызы - и.о. ассоциированного профессора кафедры географии и экологии, PhD, e-mail: ainura_seilkhan@mail.ru

5. Күдебаев Расул Болатбекович - PhD докторан кафедры географии и экологии, e-mail: kudebaev.rasul@gmail.com

6. Жаппарова Айгуль Абсултановна - профессор кафедры «Почвоведение, агрохимия и экология», кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: aigul7171@inbox.ru

ЭКОЛОГИЯ ПОЧВ

ГРНТИ 68.33.29; 87.21.15

DOI: 10.51886/1999-740X_2025_1_28

Т.Б. Байназарова^{1*}, А.Д. Акбасова^{1*}, Г.А. Саинова², К.Т. Сарбаева¹**ВЛИЯНИЕ ВЕРМИКОПОСТА НА ТРАНСФОРМАЦИЮ И ТРАНСЛОКАЦИЮ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ГРУНТАХ И В СИСТЕМЕ «ПОЧВА-РАСТЕНИЕ»**¹Международный Казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави,

161200, Туркестан, пр. Бекзата Саттарханова, 29, Казахстан,

²Научно-исследовательский институт «Экология»,

161200, Туркестан, пр. Бекзата Саттарханова, 29, Казахстан

*e-mail: togzhan.bainazarova@ayu.edu.kz, ecolog_kz@mail.ru

Аннотация. Настоящее исследование направлено на оценку эффективности вермикомпоста для стабилизации тяжелых металлов в почвах, подверженных антропогенному загрязнению, с целью снижения их биодоступности и предотвращения транслокации в сельскохозяйственные кормовые культуры (клевер, люцерна). Вермикомпост, богатый гумусовыми кислотами, способствует образованию устойчивых хелатных комплексов с ионами тяжелых металлов (Cu, Pb, Ni, Cr, Zn, Cd) и снижает их подвижность на 30-40% и более. Эти хелатные соединения эффективно предотвращают биотрансформацию металлов в более доступные для растений формы, тем самым способствуя длительной фитостабилизации загрязненных почв. Внесение в почву вермикомпоста усиливает сорбционную емкость почвы, помогая предотвратить вертикальную и горизонтальную миграцию токсичных элементов и снижая их биоаккумуляцию в растительные ткани как клевера, так и люцерны. На основе экспериментально полученных результатов показана перспективность использования вермикомпоста как экологически безопасного метода ремедиации, способствующего долговременному сохранению плодородия и экологического равновесия почв. Применение этого метода даст возможность эффективно управлять свойствами агроэкосистем и снизить экологические риски в условиях загрязнения почв тяжелыми металлами.

Ключевые слова: почва, грунт, тяжелые металлы, вермикомпост, транслокация, клевер, люцерна, фитостабилизация.

ВВЕДЕНИЕ

Основными источниками загрязнения окружающей среды являются промышленные предприятия, транспорт, сельскохозяйственные стоки и другие. Особую опасность среди токсикантов представляют соединения тяжелых металлов, особенно свинца, кадмия, цинка, меди, хрома [1]. Основная масса загрязняющих веществ выбрасывается в атмосферу, которые с осадками выпадает на поверхность почв и водных объектов, далее подвергается миграционным, аккумуляционным и другим процессам. Эти загрязнители, попадая в почвенную систему, не только негативно воздействуют на ее состояние, но и циркулируя в цепях питания, непосредственно из почвы или через растения переходят в

организмы биоты, вызывая угрозу их жизнеспособности [2].

Аккумуляция тяжелых металлов делает почву ключевым звеном пищевой цепи для распространения токсикантов [3]. Они в процессе дифференциации перемещаются в растительные организмы или смываются в водные объекты [4]. С течением времени тяжелые металлы, сорбируясь почвенным поглощающим комплексом, включаются в почвообразовательные процессы, вступают во взаимодействие с органическими и другими веществами, перераспределяются по профилю. Особое значение в этом процессе имеет природа и концентрация загрязнителей, которые могут усиливать (синергетический эффект) или ослаблять (антагонистический эффект) действия друг на друга [5].

На поведение тяжелых металлов в почвенной системе существенное влияние оказывают газообразные атмосферные выбросы промышленных объектов, а именно кислоты и соли, образованные за счет трансформации кислотных и других оксидов. Накопление этих соединений в воздушной среде способствует образованию кислотных или солевых атмосферных осадков. Эти осадки, попадая в почву, изменяют значения pH среды, способствуют переходу тяжелых металлов в ионные подвижные формы, тем самым активизируется их участие в обменных процессах [6]. Изменение кислотно-основного баланса также воздействует на окислительно-восстановительные свойства почвы, создавая условия для протекания химических реакций, которые усугубляют негативное воздействие на почвенную биоту и растения [7].

Такие факторы, как метеорологические условия, рельеф, физико-химические свойства почвы и присутствие различных видов биоты определяют характер распространения загрязнителей. Например, тяжелые металлы могут накапливаться в почвах, изменяя их химический состав и снижая плодородие. Важно учитывать эти факторы при изучении миграции тяжелых металлов, поскольку они помогают понять механизмы загрязнения и разрабатывать методы контроля и способы управления их поведением в системе «почва-растение». В связи с этим целью данной работы является исследование влияния вермикомпоста на трансформацию и транслокацию тяжелых металлов в грунтах и в системе «почва-растение».

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для исследования отобраны пробы насыпного грунта и часто встречающихся растений – клевера лугового (*Trifolium pratense* L.) и люцерны полевой (*Medicago sativa* L.) с территорий, прилегающих к объектам железной дороги. Выбор этих объектов обуслов-

лен особенностями распределения тяжелых металлов вблизи источников техногенного загрязнения. Для анализа уровня загрязнения были использованы стандартные методы отбора и подготовки проб, основанные на «Временных методических рекомендациях по контролю загрязнения почв» [8].

При проведении отбора проб учитывалась протяженность и топография зон загрязнения с учетом розы ветров, их скорости и продолжительности по сезонам года. Пробы грунта и образцы из контрольных почв были отобраны с использованием титанового почвенного бура по методу квадрата. И использованные для исследований пробы представляют собой насыпные, намывные и перемешанные грунты, имеют включения строительного и бытового мусора в верхних горизонтах, загрязнены тяжелыми металлами (ТМ) и нефтепродуктами, обладают особыми физико-механическими свойствами. В грунтах в отличие от почв отсутствуют генетические почвенные горизонты, у них верхние горизонты являются антропогенно нарушенными.

Для исследования подвижных форм тяжелых металлов в исследованных техногенно загрязненных почвах применен метод экстракции с различными реагентами. Использование таких экстрагентов, как 1,0 М HCl, 0,1 М NaOH и ацетатно-аммонийный буфер с pH=4,8 и pH=7,0 позволило получить полную картину доступности и подвижности металлов в почвенной системе. Экстракция водой проводилась с целью выделения истинно растворимых форм металлов, что позволяет оценить их потенциальную биодоступность для растений [9]. Для каждого образца соблюдалось соотношение экстрагент:образец равное, соответственно, 1:10, что дало возможность обеспечить достаточную концентрацию металлов в растворе.

Вермикомпост, использованный для экспериментальных исследований получен по методике, предложенной авторами патента России А. Акбасовой и О. Исаковым [10]. Вермикомпост внесен в почвенную систему в виде 2% и 5% растворов. В исходном концентрированном растворе содержание общих органических веществ 60,3-65,0%, гумусовых веществ 26,9-30,1% [11].

Процедуры диализа и электродиализа применялись для определения распределения тяжелых металлов в насыпном грунте по следующим фракциям: истинно растворимые, сорбированные коллоидами, нейтральные комплексные соединения, анионные и катионные формы. Фильтрация вытяжек выполнялась с использованием фильтров «синяя лента», после чего фильтраты анализировались методом атомной абсорбции на спектрофотометре, что позволяет точно определить кислоторастворимые соединения тяжелых металлов [12].

Методы экстракций с различными реагентами, особенно кислотами и буферами с разными уровнями pH, позволяют учесть влияние кислотности почвы на подвижность тяжелых металлов, что важно для оценки их доступности для растений. Например,

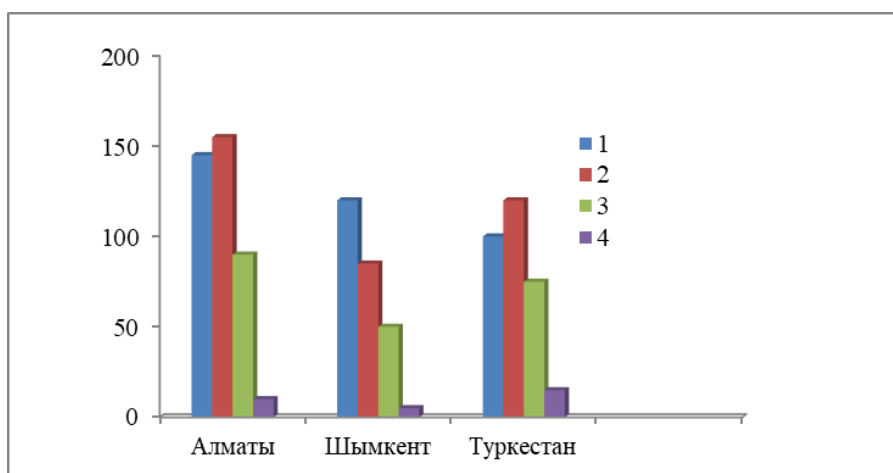
подвижность металлов, таких как свинец, значительно зависит от pH среды, в то время как кадмий проявляет высокую подвижность при уменьшении pH. Эти данные помогают лучше понять, как различные формы тяжелых металлов взаимодействуют с почвенными компонентами, обеспечивая всестороннюю оценку их поведения в системе.

В таблицах приведены средние арифметические значения и их стандартные ошибки по двум независимым опытам. Достоверность различий между опытами оценивалась с помощью критерия Стьюдента ($P \leq 0,05$).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На рисунке 1 и в таблице 1 приведены данные, полученные при проведении анализа грунта на содержание некоторых тяжелых металлов (ТМ) территорий, примыкающих к локомотивным депо.

В ходе исследований было установлено, что максимум аккумуляции Pb наблюдается в верхних слоях насыпного грунта (рисунок 1). Загрязнение грунта чаще всего ограничивается глубиной до 10-20 см. Максимальные значения приурочены к поверхностному слою грунта (0-5 см).



Глубина отбора проб: 1 – 0-5 см; 2 – 5-10 см; 3 – 10-25 см; 4 – 40-50 см
Рисунок 1 – Накопление Pb в верхних слоях грунта на территориях локомотивных депо

Как следует из результатов экспериментальных исследований грунт вокруг локомотивного депо характеризуется повышенным содержанием тяжелых металлов, особенно свинца и никеля по сравнению с предельно допустимыми концентрациями (ПДК) (таблица 1).

Таблица 1 – Содержание тяжелых металлов в грунте (0-20 см) территории локомотивных депо, мг/кг

Элемент, ПДК, мг/кг	Локомотивное депо					
	Шымкент	Туркестан	Павлодар	Алматы	Кызылорда	Актюбе
Медь 3,0	<u>15-26</u> 22,5	<u>17-22</u> 19,7	<u>17-23</u> 20,6	<u>12-32</u> 25,0	<u>10-26</u> 19,0	<u>9-15</u> 13,1
Свинец 30,0	<u>72-98</u> 85,2	<u>48-83</u> 75,5	<u>38-81</u> 69,5	<u>54-180</u> 127,4	<u>44-101</u> 82,8	<u>52-74</u> 63,9
Никель 4,0	<u>12-65</u> 48,5	<u>13-58</u> 35,9	<u>19-31</u> 25,6	<u>14-46</u> 31,0	<u>18-31</u> 25,5	<u>16-25</u> 20,5
Хром 6,0	<u>14-150</u> 89,1	<u>19-89</u> 59,0	<u>38-57</u> 47,9	<u>27-61</u> 46,3	<u>16-79</u> 48,5	<u>25-150</u> 97,5
Цинк 37,0	<u>20-130</u> 85,0	<u>19-164</u> 93,5	<u>41-70</u> 56,5	<u>30-150</u> 99,0	<u>25-89</u> 59,8	<u>22-93</u> 59,5
Кадмий 0,5	<u>1,8-3,7</u> 2,9	<u>1,6-1,9</u> 1,8	<u>1,2-1,3</u> 1,2	<u>0,9-1,1</u> 1,0	<u>0,6-1,0</u> 0,9	<u>1,9-2,4</u> 2,1

Примечание: По каждому элементу в числителе указаны пределы колебаний, а в знаменателе – среднее содержание из 8-10 образцов грунтов.

Среднее содержание тяжелых металлов на территории локомотивных депо составляет в мг/кг: для меди от 13,1 до 25,0, для свинца от 63,9 до 127,4, для никеля от 20,5 до 48,5, для хрома от 46,3 до 97,5; для цинка от 59,5 до 99,0.

Кроме валового содержания тяжелых металлов (Cu, Pb, Ni, Cr, Zn, Cd) были определены содержание потенциально подвижных (соляно-кислая вытяжка) и подвижных (аммоний-ацетатные вытяжки) форм на грунтах и почвах территории станции Туркестан в различных удаленных местах (таблица 2). Почвы на расстоянии 500 м от источника загрязнения и вне территории станции использованы в качестве контрольных, т.е. они практически не подвержены влиянию кислотосодержащих выбросов, образуемых при испытании реостатов. Эти почвы представляют собой сероземы, практически не содержащие в своем составе искусственные техногенные включения.

Как видно из данных таблицы 2 экстремально высокие уровни подвиж-

ных форм тяжелых металлов обнаружены в пробах грунта, отобранных непосредственно с территории, где осуществляются реостатные испытания. Такая закономерность, видимо, связана с изменением форм металлов под влиянием техногенных кислотного характера выбросов из дизелей тепловозов (оксиды азота, углерода, серы и др.).

В почвенно-грунтовых системах тяжелые металлы подвергаются различным превращениям и каждый из них по-разному реагирует с почвенными компонентами. Например, у свинца в нейтральной и слабощелочной среде растворимость соединений в почвах в 100 раз меньше, чем у кадмия, т.е. подвижность Pb более низкая. Свинец по сравнению с другими металлами образует более прочные связи с почвенными органическими веществами. Адсорбция свинца гумусом, способность к комплексообразованию и устойчивость образующихся соединений возрастают с повышением значений pH среды. Этот элемент образует с

гуминовыми (ГК) и фульвокислотами (ФК) более устойчивые комплексы, чем цинк и кадмий. Фиксация и уровень сорбции свинца с глинистыми минералами также зависит от pH среды. С повышением этого показателя сорбция свинца минералами резко возрастает, причем он удерживается более прочно, чем другие металлы. Этим объясняется незначительная подвижность соединений свинца в почвах аридных и

полуаридных зон даже при наличии металла в больших количествах. Эффективными поглотителями, т.е. фиксаторами свинца являются карбонатные горизонты, для которых характерны высокие значения pH.

На рисунке 2 (а, б) приведены коэффициенты вымывания из почвы свинца, меди, цинка, кадмия, хрома, никеля.

Таблица 2 – Содержание потенциально подвижного числитель и подвижного знаменатель тяжелых металлов в грунтах и почвах

Показатель	Станция Туркестан		Почвы вне территории станции Туркестан (контроль 2)
	грунты территории реостатных испытаний	почвы на расстоянии 500 м от места реостатных испытаний (контроль 1)	
Количество проб	8	5	5
Свинец			
Валовое содержание, мг/кг	202,3	124,5	168,0
Доля подвижных форм, %	<u>72,3</u> 84,1	<u>46,8</u> 45,0	<u>43,5</u> 39,9
Цинк			
Валовое содержание, мг/кг	196,2	189,1	204,6
Доля подвижных форм, %	<u>78,0</u> 86,8	<u>51,2</u> 47,3	<u>37,1</u> 35,2
pH	5,1	6,0	5,9

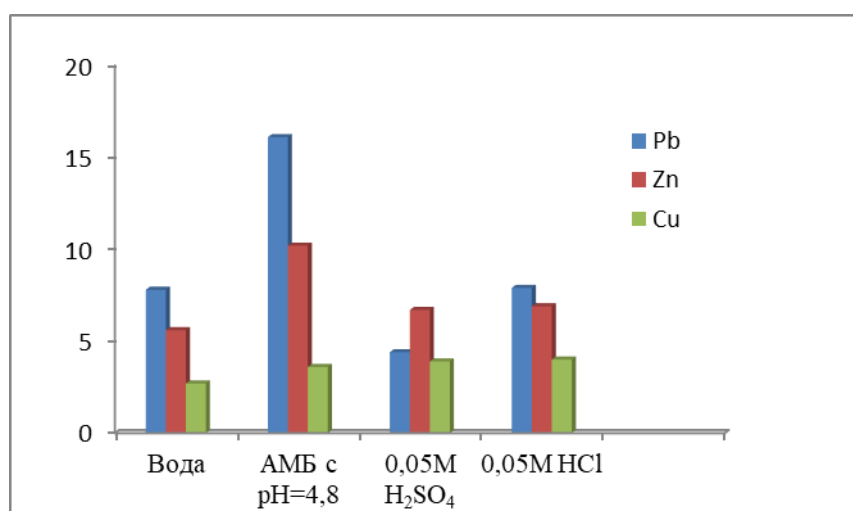
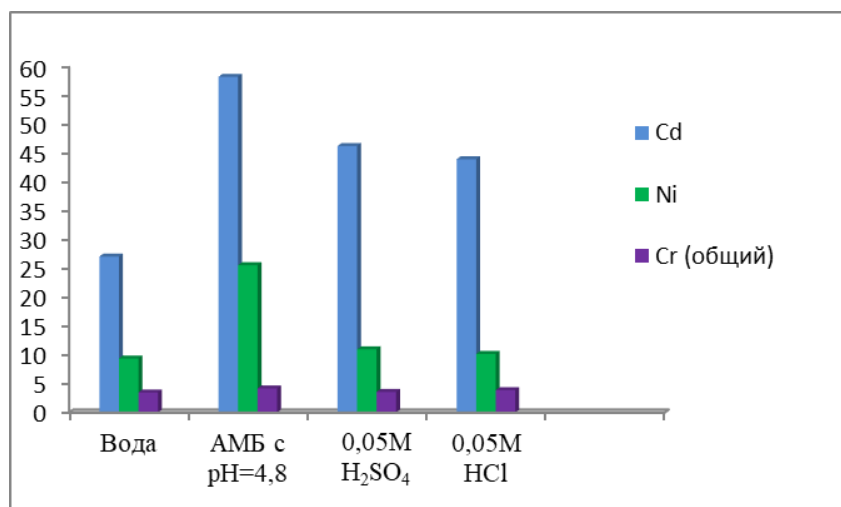


Рисунок - 2 (а) – Коэффициенты вымывания тяжелых металлов из почв, $K_{\text{вым}}, \%$



б)

Рисунок - 2 (б) – Коэффициенты вымывания тяжелых металлов из почв, $K_{\text{вым.}}$, %

Опираясь на экспериментальные данные, приведенные на рисунке 2 (а, б), можно отметить наибольшую способность к вымыванию кадмия. С понижением значений pH кадмий переходит в катионную форму. По сравнению с другими элементами, легко вымываясь с атмосферными осадками, кадмий не только загрязняет поверхностные и грунтовые воды, но и переходит через питательные растворы из почвы в растения. А у хрома, наоборот, по сравнению с другими тяжелыми металлами подвижная способность очень низкая. Например, если у кадмия коэффициент вымывания находится в пределах 43-60 %, у хрома не более 5%. Исходя из этого можно сказать, что с экологической точки зрения наличие хрома в почве не представляет опасности для

растений. Низкое содержание подвижных форм хрома объяснимо образованием нерастворимых комплексов с органическими веществами, или малорастворимых соединений с минеральной частью почв.

В связи с разным поведением тяжелых металлов в почвенной системе определенный интерес представил процесс их транслокации в растения. В качестве растения нами выбраны клевер и люцерна, распространенные на близлежащих территориях станции Туркестан. На примере свинца исследован процесс транслокации в системе «почва-растение» (таблица 3). При изучении процесса транслокации в почву (на глубину – 0-40 см) искусственно были внесены различные концентрации свинца (от 64,2 до 190,5 мг/кг).

Таблица 3 – Влияние вермикомпоста на процесс транслокации Pb в системе почва-клевер и почва-люцерна.

Содержание Pb в почве и в наземной части растений, мг/кг						
без внесения вермикомпоста			при внесении вермикомпоста			
			2%		5%	
почва	клевер	люцерна	клевер	люцерна	клевер	люцерна
64,2±2,0	16,2±0,1	21,1±0,1	5,6±0,1	9,4±0,1	0,62±0,1	0,15±0,1
150,0±2,5	76,3±0,1	79,8±0,1	7,3±0,1	12,3±0,1	0,90±0,1	0,26±0,1
190,5±3,1	72,1±0,1	81,9±0,1	10,0±0,1	15,5±0,1	1,03±0,1	0,39±0,1

Результаты, представленные в таблице 3, демонстрируют значительное снижение содержания свинца (Pb) в надземной части клевера и люцерны, при внесении вермикомпоста. Это снижение можно объяснить комплексобразующими свойствами органических соединений, содержащихся в вермикомпосте. Гумусовые кислоты (гуминовые и фульвокислоты) обладают высокой способностью к хелатообразованию, что позволяет им связывать ионы тяжелых металлов, переводя их в менее подвижные формы. Такие соединения эффективно снижают биодоступность металлов и тем самым ограничивают их проникновение в растительные ткани.

Процесс комплексобразования металлов с гумусовыми кислотами можно описать следующими реакциями: $n\text{Me}^{n+} + \text{ГК} = \text{Me}_n\text{ГК} + n\text{H}^+$ или $n\text{Me}^{n+} + \text{ФК} = \text{Me}_n\text{ФК} + n\text{H}^+$, где ГК и ФК представляют гуминовые и фульвокислоты, соответственно. В результате этих реакций образуются устойчивые хелатные комплексы, которые адсорбируются на поверхности почвенных частиц, фиксируются в почвенном слое и становятся недоступными или малодоступными для корневых систем растений. Это существенно снижает вероятность перехода металлов, таких как свинец, в надземные части растений. Помимо комплексобразования, вермикомпост также способствует ряду ионообменных реакций, которые обеспечивают дополнительное закрепление тяжелых металлов в почве.

Наиболее важными являются нижеследующие реакции:

1. $\text{Me}^{2+} + \text{CaCO}_3 = \text{MeCO}_3 + \text{Ca}^{2+}$: данная реакция способствует образованию карбонатных форм металлов, которые являются малоподвижными и менее доступными для растений.

2. $[(x+y) \text{Me}(\text{OH})_2 + y \text{CO}_3^{2-} + 2x\text{OH}^- = \text{Me}(\text{OH})_2 \cdot y \text{MeCO}_3]_{\text{ТВ}}$: образование смешанных гидроксид-карбонатных

форм, которые устойчивы в почвенной системе.

3. $\text{CaCO}_{3\text{ТВ}} + \text{Me}^{2+} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}^{2+} + \text{Me}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2$: образование малорастворимых гидроксидов, которые дополнительно ограничивают подвижность металлов.

Таким образом, результаты данного эксперимента подтверждают, что внесение вермикомпоста является эффективным методом фитостабилизации почв, загрязненных тяжелыми металлами. Вермикомпост, обладая высокой способностью к комплексобразованию, связывает ионы тяжелых металлов в устойчивые формы, что существенно снижает их биодоступность и токсичность для растений. Этот процесс способствует созданию более безопасных условий для роста растений на загрязненных почвах.

Перечисленные выше механизмы ведут к снижению концентрации подвижных форм свинца и замедляют его транслокацию в растительные ткани, что является ключевым фактором в уменьшении экологической нагрузки на агроэкосистемы.

Полученные данные также подчеркивают, что форма и поведение ионов тяжелых металлов в почве зависят как от их химической природы, так и от состава почвенных компонентов. Например, кадмий, по сравнению с другими металлами, демонстрирует слабое сродство как к минеральным, так и к органическим компонентам почвы, что приводит к его повышенной подвижности. Эти результаты согласуются с литературными данными, свидетельствующими о слабой прочности связи ионов кадмия с почвенными частицами [13].

При увеличении pH почвы многие тяжелые металлы, например свинец, могут превращаться в малорастворимые или нерастворимые гидроксиды, что ограничивает их доступность для растений. Полученные нами экспери-

ментальные результаты о зависимости растворимости тяжелых металлов от значений pH среды хорошо согласуются с данными работ [14, 15].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты экспериментальных исследований территорий, подвергающихся воздействию объектов железной дороги, свидетельствуют о большей кислотности среды в грунтах, находящихся под влиянием реостатных испытаний, и вблизи других антропогенных источников. Для грунта значение $pH \sim 5,1$, а для почв из контрольных участков, удаленных от источников загрязнения на расстоянии 500 м и более, соответственно $pH \sim 5,9$ и $pH \sim 6,0$.

Обнаружены существенные различия в количественном содержании подвижных форм тяжелых металлов (Cu, Zn, Pb, Cd, Ni, Cr) с увеличением кислотности среды, что можно объяснить преобразованиями форм накопления тяжелых металлов под действием выбросов кислотных оксидов и аэрозо-

лей кислот из дизелей тепловозов при реостатных испытаниях.

Рассчитаны коэффициенты вымывания тяжелых металлов из почво-грунтов. Согласно результатам проведенных опытов получены следующие значения коэффициентов: для Cd - $\leq 58,3\%$; Cr - $\leq 4,2$; Pb - $\leq 16,1$; Zn - $\leq 10,2$; Cu - $\leq 4,0$.

Установлено, что одним из эффективных способов управления миграционными и транслокационными способностями тяжелых металлов в грунтах и почвах является применение вермикомпоста. Гумусовые кислоты, содержащиеся в вермикомпосте, формируют в корнеобитаемом слое устойчивые комплексы с катионами металлов, переводя их в менее подвижные формы. Образование этих комплексов способствует ингибированию процесса транслокации тяжелых металлов в надземные органы бобовых культур, т.е. создаются условия для получения экологически безопасных кормовых растений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Srivastava, V., Sarkar, A., Singh, S., Singh, P., Araujo, A., Singh, R. Agroecological responses of heavy metal pollution with special emphasis on soil health and plant performances// *Frontiers in Environmental Science*. – 2017. – Vol. 5. – № 64. – P. 19.
2. Wang R., ShafiM., Ma J., Zhong B., Guo J., HuX., XuW., YangY., RuanZ., Wang Y., Ye Z., Liu D. Effect of amendments on contaminated soil of multiple heavy metals and accumulation of heavy metals in plants// *Environmental Science and Pollution research*. – 2018. - Vol. 25. - P. 28695-28704.
3. Wang S., Wu W., Liu F., Liao R., Hu Y. Accumulation of heavy metals in soil-crop systems: a review for wheat and corn// *Environmental Science and Pollution Research*. – 2017. – Vol. 24. - №18. – P. 15209–15225.
4. Петухов А. С. Влияние транслокации тяжёлых металлов в системе «почва-растение» на биохимические показатели растений: дис. канд. хим. наук. – Тюмень, 2023. – 208 с.
5. Alengebawy A., Abdelkhalek S. T., Qureshi S. R., Wang M. Q. Heavy Metals and Pesticides Toxicity in Agricultural Soil and Plants: Ecological Risks and Human Health Implications// *Toxics*. – 2021. – Vol. 9. - №3. – P. 42.
6. ThomasG. W. Soil pH and soil acidity// *Methods of Soil Analysis, Part 3: Chemical Methods/ SSSA, ASA*. – Madison. - 1996. – P. 475–490.
7. Chen H., Yuan X., Li T., Hu S., Ji J., Wang C. Characteristics of heavy metal transfer and their influencing factors in different soil-crop systems of the industrialization region, China// *Ecotoxicology and Environmental Safety*. – 2016. – Vol. 126. – P. 193–201.

8. Временные методические рекомендации по контролю загрязнения почв. – Москва: Гидрометеиздат, 1983. – С. 82–84.
9. Довбыш С. А. Формы тяжелых металлов в природных и техногеннозагрязненных черноземных почвах Алтайского Приобья : автореф. дис. канд. с.-х. наук. – Барнаул, 2000. – 18 с.
10. Акбасова А.Д., Исаков О.А. «Ускоренный способ комплексного вермикомпостирования и вермикультивирования». Патент РФ № RU2577059. Оpubл. 10.03.16.
11. Саинова Г.А., Акбасова А.Д., Нурдиллаева Р.Н., Жумабай Б.Ж., Байхамурова М.О. Природа гумусовых кислот в вермикомпосте// Вестник Казахстанско-Британского технического университета. – 2020. – Т. 17. - № 1. – С. 93–98.
12. Громакова Н. В., Минкина Т. М. Радсорбция тяжелых металлов при определении их подвижных форм в черноземе обыкновенном// Инженерный вестник Дона. – 2016. – Т. 43. - № 4 (43). – 32 с.
13. Ладонин Д. И. Конкурентные взаимоотношения ионов при загрязнении почвы тяжелыми металлами// Почвоведение. – 2000. - № 10. – С. 1285-1293.
14. Кулюк В.Н., Кулешова О.М., Карабин Л.А. Производство растворимости. – Новосибирск: Наука, 1983. –267 с.
15. Пестриков С.И., Исаева О.Ю., Сапожникова Е.Н., Легуш Э Ф., Красногорская Н.Н. Гидроэкология: упрощенный расчет минимальной растворимости и рН осаждения тяжелых металлов в водных растворах// Инженерная экология. – 2004. - № 5. – С. 37-43.

REFERENCES

1. Srivastava, V., Sarkar, A., Singh, S., Singh, P., Araujo, A., Singh, R. Agroecological responses of heavy metal pollution with special emphasis on soil health and plant performances// Frontiers in Environmental Science. – 2017. – Vol. 5. –P. 19. – № 64.
2. WangR., Shafi M., MaJ., ZhongB., GuoJ., Hu X., Xu W., YangY., RuanZ., Wang Y., YeZ., LiuD. Effect of amendments on contaminated soil of multiple heavy metals and accumulation of heavy metals in plants// Environmental Science and Pollution Research. – 2018. – Vol. 25. - P. 28695–28704.
3. Wang S., Wu W., Liu F., Liao R., Hu Y. Accumulation of heavy metals in soil-crop systems: a review for wheat and corn// Environmental Science and Pollution Research. – 2017. – Vol. 24. - №18. – P. 15209–15225.
4. PetukhovA. S. Influence of translocation of heavy metals in the soil-plant system onbiochemical indicators ofplants: PhDthesis in chemical sciences. – Tyumen, 2023. – 208p.
5. AlengebawyA., AbdelkhalekS.T., QureshiS.R., WangM.Q. Heavy metals and pesticides toxicity in agricultural soil and plants: ecological risks and human health implications// Toxics. – 2021. – Vol. 9. - № 3. – P. 42.
6. ThomasG. W. Soil pH and soil acidity// Methods of Soil Analysis, Part 3: Chemical Methods. SSSA, ASA. – Madison. - 1996. – P. 475–490.
7. Chen H., Yuan X., Li T., Hu S., Ji J., Wang C. Characteristics of heavy metal transfer and their influencing factors in different soil-crop systems of the industrialization region, China// Ecotoxicology and Environmental Safety. – 2016. – Vol. 126. – P. 193–201.
8. Temporary methodological recommendations for controlling soil pollution. – Moscow: Hydrometeoizdat, 1983. – S. 82–84.
9. Dovbysh S. A. Forms of heavy metals in natural and technogenically polluted

chernozem soils of the Altai Priobye region: Abstract of dissertation for the degree of candidate of agricultural sciences. – Barnaul, 2000. – 18 s.

10. Akbasova A. D., Isakov O. A. "Accelerated method of comprehensive vermicomposting and vermiculture." Patent RF № RU2577059. Published on 10.03.16.

11. Sainova G. A., Akbasova A. D., Nurdillaeva R. N., Zhumabay B. Zh., Baikhamurova M. O. The nature of humic acids in vermicompost// Bulletin of the Kazakh-British Technical University. – 2020. – Vol. 17. - № 1. – S. 93–98.

12. Gromakova N. V., Minkina T. M. Readsorption of heavy metals during the determination of their mobile forms in ordinary chernozem// Engineering Bulletin of the Don. – 2016. – Vol. 43. - № 4 (43). – S. 32.

13. Ladonin D. I. Competitive interactions of ions in soil contamination by heavy metals// Pochvovedenie. – 2000. – № 10. – S. 1285–1293.

14. KulyukV. N., Kuleshova O. M., KarabinL. A. Solubility product. – Novosibirsk: Nauka, 1983. – S. 267.

15. PestrikovS. I., IsaevO. Yu., SapozhnikovaE. N., LegushsE. F., KrasnogorskayaN. N. Hydroecology: simplified calculation of minimum solubility and pH for the precipitation of heavy metals in aqueous solutions// Engineering Ecology. – 2004. – № 5. – S. 37–43.

ТҮЙІН

Т.Б. Байназарова^{1*}, А.Ж. Ақбасова^{1*}, Г.Ә. Саинова², К.Т. Сарбаева¹

ВЕРМИКОПОСТТЫҢ АУЫР МЕТАЛДАРДЫҢ ГРУНТТА ТРАНСФОРМАЦИЯЛАНУЫНА
ЖӘНЕ «ТОПЫРАҚ-ӨСІМДІК» ЖҮЙЕСІНДЕ ТРАНСЛОКАЦИЯЛАНУЫНА ӘСЕРІ

¹Қожа Ахмет Ясауи атындағы халықаралық-түрік университеті,
161200, Түркістан, Бекзат Самтарханов даңғылы, 29, Қазақстан

²Экология ғылыми-зерттеу институты,
161200, Түркістан, Бекзат Самтарханов даңғылы, 29, Қазақстан,

*e-mail: togzhan.bainazarova@ayu.edu.kz; ecolog_kz@mail.ru

Бұл зерттеу антропогендік ластануға ұшыраған топырақтардағы ауыр металдарды тұрақтандыру үшін вермикомпосттың тиімділігін бағалауға бағытталған. Негізгі мақсаты – ауыр металдардың биожетімділігін төмендету және ауыл шаруашылық мал азықтық дақылдарға (жоңышқа, беде) таралуын болдырмау. Гумус қышқылдарына бай вермикомпост ауыр металл иондарымен (Cu, Pb, Ni, Cr, Zn, Cd) тұрақты хелаттық кешенді қосылыстар түзеді, бұл олардың жылжымалылығын 30-40%-ға және оданда жоғарыға төмендетеді. Бұл хелаттық кешенді қосылыстар металдардың өсімдіктер үшін қолжетімділік жылжымалы түрлерін тиімді түрде болдырмайды, осылайша ластанған топырақтардың ұзақ мерзімді фитостабилизациясына ықпал етеді. Вермикомпосты енгізгенде топырақтың сорбциялық қабілеті жоғарылады, бұл улы элементтердің миграциясының күрт төмендеуіне әкеліп, олардың жоңышқа және беде өсімдіктерінің тіндерінде биоаккумуляциялануына кедергі келтірді. Тәжірибелі түрде алынған мәліметтер көрсеткендей, вермикомпосты қолдану болашағы зор, экологиялық тұрғыдан қауіпсіз ремедиация әдісі ретінде қарауға мүмкіндік берді, себебі құнарлылықтың ұзақ уақыт сақталуына және топырақтағы экологиялық тепе-теңдіктің бұзылмауына жағдай туындатты. Бұл әдісті қолдану агроэкожүйелерді тұрақты басқарудың және ауыр металдармен ластану жағдайында экологиялық тәуекелдерді төмендетудің тиімді стратегиясы болуы мүмкін.

Түйінді сөздер: топырақ, грунт, ауыр металдар, вермикомпост, транслокация, жоңышқа, беде, фитостабилизация.

SUMMARY

T.B. Bainazarova^{1*}, A.D. Akbasova^{1*}, G.A. Sainova², K.T. Sarbaeva¹

INFLUENCE OF VERMICOMPOST ON THE TRANSFORMATION AND
TRANSLOCATION OF HEAVY METALS IN GROUNDS AND SOIL-PLANT SYSTEM

¹*International Kazakh-Turkish University named after Khoja Ahmed Yasawi,
161200, Turkestan, Bekzat Sattarkhanov avenue, 29, Kazakhstan,*

²*Ecology Research Institute, 161200, Turkestan, Bekzat Sattarkhanov avenue, 29,
Kazakhstan, *e-mail: togzhan.bainazarova@ayu.edu.kz, ecolog_kz@mail.ru*

This study focuses on assessing the effectiveness of vermicompost for stabilizing heavy metals in soils affected by anthropogenic pollution, with the goal of reducing their bioavailability and preventing translocation into agricultural fodder crops (clover, alfalfa). Vermicompost, rich in humic acids, promotes the formation of stable chelate complexes with heavy metal ions (Cu, Pb, Ni, Cr, Zn, Cd), reducing their mobility by 30-40%. These chelate compounds effectively prevent the biotransformation of metals into forms more accessible to plants, thereby contributing to the long-term Phyto stabilization of contaminated soils. The inclusion of vermicompost enhances the soil's sorption capacity, helping to prevent the vertical and horizontal migration of toxic elements and decreasing their bioaccumulation in the tissues of both clover and alfalfa. Based on the experimentally obtained results, the potential of vermicompost as an environmentally safe remediation method is demonstrated, contributing to the long-term preservation of soil fertility and ecological balance. The application of this method may become an effective strategy for sustainable agroecosystem management and reducing environmental risks in the context of heavy metal contamination.

Keywords: soil, ground, heavy metals, vermicompost, translocation, clover, alfalfa, phyto stabilization.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. Байназарова Тогжан Бакытжанкызы – магистрант кафедры Экологии и химии, e-mail: togzhan.bainazarova@ayu.edu.kz

2. Акбасова Аманкул Джакановна – профессор кафедры Экологии и химии, доктор технических наук, e-mail: ecolog_kz@mail.ru

3. Саинова Гаухар Аскеровна – главный научный сотрудник, PhD биологии, доктор технических наук, e-mail: ecolog_conf@mail.ru

4. Сарбаева Карлыга Турсынбаевна – заведующая кафедрой Экологии и химии, кандидат химических наук, e-mail: karlyga.sarbayeva@ayu.edu.kz

MFTAP 68.05.37; 87.21.05

DOI: 10.51886/1999-740X_2025_1_39

**Ф.Е. Козыбаева^{1*}, Г.Б. Бейсеева^{1*}, Ғ.А. Сапаров¹, Қ.Қ. Құлымбет¹, Ә.А. Абзал¹,
М. Тоқтар²**

**ЖАМБЫЛ ОБЛЫСЫ БАЙЗАҚ АУДАНЫНДАҒЫ ҚАНТ ҚЫЗЫЛШАСЫ ЕГІЛГЕН
АТЫЗДЫҚ ЖӘНЕ ТАМШЫЛАТЫП СУАРЫЛАТЫН ТОПЫРАҚТАРДЫҢ
ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЫ**

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

*e-mail: *farida_kozybaeva@mail.ru, *beiseeva2009@mail.ru*

²Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, 050013, Алматы, Сәтбаев көшесі 22, Қазақстан,

e-mail: m.toktar@satbayev.university

Аннотация. Мақалада қант қызылшасы егілген атыздық және тамшылатып суару жағдайындағы топырақтың экологиялық жағдайы сипатталды. Зерттелген суармалы топырақтар негізінен жеңіл-орташа құмбалшықты гранулометриялық құрамға ие. Талдамалық зерттеулер көрсеткендей, 13,8-51,5%-дан микроагрегаттардың негізгі мөлшері ірі шаң фракциясына, 57,7% -дан 12,5%-ға дейін ұсақ құмға тиесілі, қалған шамалы бөлігін ұсақ шаң мен тұнба фракциялары құрайды. Гумус бойынша нәтижелер топырақтың төмен және өте төмен мөлшерде екенін көрсетті: топырақ азоттың жылжымалы формаларымен орташа қамтамасыз етілген, фосформен төмен және калиймен орташа қамтамасыз етілген. Зерттеу нысанының топырағы әлсіз сілтілі және сілтілі болып табылады. Нәтижелер эрозиялық қауіптілік топырағын жіктеу бойынша атыздық суару жағдайындағы телімнің топырағы қауіптіліктің 2-классына жататынын көрсетті, яғни эрозиялық қауіптілік әлсіз (қатты бөлігін шығару жылына 4,1-5,3 т/га құрайды).

Түйінді сөздер: топырақ кескіні, морфологиялық сипаттама, атыздық суару, тамшылатып суару, қант қызылшасы, ирригациялық эрозия, биологиялық өнімділік.

КІРІСПЕ

Өнеркәсіптік кәсіпорындардың қоршаған ортаға әсер ету проблемасы ғаламдық сипатқа ие, мұның өзі оның маңыздылығын негіздейді. Соңғы уақытта табиғатқа түсетін жоғары антропогендік жүктеме көптеген теріс экологиялық салдарға әкеп соқты. Өсімдіктер мен жануарлар қоршаған табиғи ортаға барған сайын бейімделе түсуде. Осы теріс салдарды бәсеңдету үшін агроэкологиялық параметрлерді белсенді реттеуді көздейтін ландшафтық негізде егіншіліктің экологиялық қауіпсіз жаңа аймақтық жүйелерін әзірлеу және игеру қажет [1].

Қазақстанда тау-кен кәсіпорындарының ауылшаруашылығына әсерін зерттеу бойынша зерттеу жұмыстары жүргізілмейді. Литосфераға антропо-

гендік әсер етудің салдары мыналар болып табылады: құнарлы жерлерді алу, жасанды жер үсті және жер асты құрылымдарын құру, тау жыныстарының үлкен көлемін ауыстыру, рельефтің өзгеруі, топырақтың геодинамикалық тепе-теңдігінің бұзылуы - техногендік жер сілкіністері, карстар, шөгу, топырақтың эрозиясы, көшкіндер, тоңазу режимінің бұзылуы, топырақтың химиялық және радиоактивтік ластануы және т.б. Топырақтың эрозиясы ауыл шаруашылығы қызметіндегі негізгі келеңсіз құбылыс болады. Эрозиялық үрдістер жаһандық проблема болып табылады және көптеген елдердегі негізгі проблемалардың біріне айнауда. Мысалы, топырақтың эрозиясы әдетте табиғи құбылыстардың (мысалы, су, жел және қар) және үйлесімде

әрекет ететін антропогендік факторлардың (мысалы, ауыл шаруашылығын қарқынды және экстенсивті жүргізу) әсерінен топырақтың бүлінуін білдіреді. Эрозияны оның қарқындылығына байланысты табиғи және жеделдетілген үрдіс ретінде жіктеуге болады. Бірінші санатта топырақ эрозиясы миллион жыл бойы қалыпты жағдайда болады және жаңа топырақтың пайда болу құралы болып табылады [2, 3].

Топырақтың жеделдетілген эрозиясы адам қызметінің нәтижесі болып табылады, негізінен кей жағдайда топырақтың жойылуы, топырақ түзілуіне қарағанда едәуір көп болған жағдайда, ормандардың кесілуі, малдың шамадан тыс жайылу және ауыл шаруашылығы жұмыстарын жүргізудің тиімсіз әдістерінен болады. Топырақтың бүлінуінің және олардың құнарлылығының жоғалуының басты факторына байланысты су және жел эрозиясы ерекшеленеді [4].

Ирригациялық эрозия, сондай-ақ эрозияның басқа да түрлері суармалы жерлерде ауыл шаруашылығы дақылдарын өсіру технологиясы сақталмаған кезде болады. Суару кезінде суару жолақтар, атыздар немесе жаңбырлату арқылы жүзеге асырылады. Ирригациялық эрозияның пайда болуы мынадай бірқатар факторларға: суару ережелері мен нормаларының, жасанды жаңбырдың қарқындылығының, тамшылардың мөлшерінің, суармалы учаскенің пішіні мен еңісінің, суару ұзақтығының, су өткізгіштігінің және топырақтың шаюға төзімділігінің сақталмауы сияқты факторларға байланысты 2019 жылғы жердің сапалық сипаттамасының деректері бойынша Қазақстан Республикасында эрозияға ұшыраған және эрозияға ұшырау қаупі бар 90 млн гектардан астам жер бар, оның ішінде іс жүзінде эрозияға ұшырағаны - 29,3 млн гектар [5, 6].

Эрозияға ұшыраған жерлердің жалпы аумағының ішінде су

эрозиясына ұшыраған жер (шайылған) 4,9 млн га немесе ауыл шаруашылығы алқаптарының 2,3%-ын алып жатыр. Республиканың барлық облыстарында топырақтың су эрозиясы байқалады және оның даму қарқындылығына жер бедерінің сипаты (беткейдің тіктігі мен ұзындығы, су жинаудың шамасы мен нысаны), жауын-шашынның мөлшері мен қарқындылығы және топырақтың гранулометриялық құрамы, карбонаттылығы, сортаңдануы, жер асты суларының тереңдігі және эрозия базисі, су өткізгіштігі және жер алқаптарын пайдалану сипаты әсер етеді. Топырақтың су эрозиясы негізінен топырақтың жоғарғы қабаттарындағы ылғалдың көктемгі және қысқы мөлшеріне байланысты. Осындай көктемгі сулармен топырақтың шайылуы беткейдегі жерлерде жыраның пайда болуына, жер бедерінің өзгеруіне, жел эрозиясының одан әрі әсеріне және жердің шөлейттенуіне әкеледі [7, 8].

Ауыл шаруашылығы алқаптарының құрамында шайылған топырақтың неғұрлым көп алқабы Түркістан (0,9 млн га), Алматы және Маңғыстау, Жамбыл, Шығыс Қазақстан, Ақмола облыстарындағы суармалы егіншілік өңірлерінде орналасқан [9]. Агроландшафттардың және тау-кен өнеркәсібі шығарындыларының әсеріндегі аумақтардың топырақ-экологиялық жағдайлары туралы ұсынылған материалдар өзекті болып табылады және елдің тұрақты агроөнеркәсіптік кешенін және азық-түлік қауіпсіздігін дамытуда ғылыми-практикалық мәнге ие [10].

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.

Жұмыстың мақсаты: Топырақ құнарлылығын толықтыруға және ауыл шаруашылығы дақылдарының өнімділігін тұрақты арттыруға ықпал ететін егіншіліктің қарқынды жүйелерінде ауыл шаруашылығы мақсатындағы

жерлерді ұтымды пайдалануды қамтамасыз ету.

ЗЕРТТЕУ НЫСАНЫ МЕН ӘДІСТЕРІ

Зерттеу нысаны Жамбыл облысы Байзақ ауданының топырақ жамылғысы болып табылады (1-сурет).



Сурет 1 - Жамбыл облысы, Байзақ ауданының зерттеу нысаны

Зерттеу әдістері. Жұмысты орындау кезінде топырақты зерттеудің әдістерін пайдалана отырып, кешенді экожүйелік тәсіл қолданылды. Топырақты, өсімдіктерді зерттеуде далалық, тәжірибелік-далалық, картографиялық, зертханалық-талдамалық әдістер қолданылды. Топырақты далалық зерттеу - топырақ қазба-шұңқырларын қазу, морфологиялық қасиеттерін сипаттау, талдауға топырақ үлгілерін алу.

Атыздық суару кезінде ирригациялық эрозияны зерттеу үшін далалық эксперименттер әдістері қолданылды. Негізгі әдістемелерге мыналар кірді: 1. Далалық эксперименттер - су ағынының жылдамдығын, атыздардың тереңдігін, жауын-шашын шөгінділерін және топырақтың шайылатын қабатының сипаттамаларын өлшеу. Ол үшін ағын жылдамдығына өлшеу жүргізіледі және атыздардың әртүрлі аймақтарында эрозия параметрлері анықталады. 2. Эрозиялық науаларды пайдалану - топырақ

бойынша су ағыны үлгіленетін арнайы науаларды орнату. Бұл судың топырақ бетімен қалай өзара іс-қимыл жасайтынын және топырақтың шайылуына қандай жағдайлар әкелетінін зерттеуге мүмкіндік береді. 3. Топырақтың эрозияға төзімділік көрсеткіштерін анықтау - топырақ құрылымын, гранулометриялық құрамын, ылғалдылық дәрежесін және топырақ агрегаттарының болуын талдау. Топырақтың эрозияға төзімділігін бағалау үшін оның гранулометриялық құрамын және агрегаттардың суға төзімділігін анықтауды қоса алғанда, зертханалық талдау жүргізіледі. Бұл әдістемелер суарудың топыраққа әсерін кешенді бағалауға және эрозия қаупін азайту жөнінде ұсынымдар әзірлеуге мүмкіндік береді.

Топырақтың физикалық, химиялық қасиеттерін анықтау топырақта нуда жалпы қабылданған әдістермен орындалды. Топырақ қасиеттерін зерттеу ластанған топырақтың және ластан-

баған табиғи ландшафттар топырағының морфогенетикалық қасиеттерін сипаттай отырып, топырақ қазба-шұңқырларын қазу әдісімен және зертханалық-талдамалық зерттеулер үшін топырақ үлгілерін алумен жүргізілді. Гумус И.В. Тюрин СТ РК 3477-2019, жалпы азот МЕМСТ -26107-84 бойынша, жалпы фосфор және ауыспалы калий МЕМСТ-26261-84 бойынша, гидролизделетін азот Тюрин-Кононова бойынша, жылжымалы фосфор МЕМСТ-26205-91 бойынша, рН – МЕМСТ – 26423-85 бойынша; сіңірілген негіздер Са, Mg, - Грабаров модификациясындағы Аринушкина әдісіне сәйкес; К, Na - Грабаров модификациясындағы Каратаев пен Маметованың әдісі бойынша; топырақтың гранулометриялық құрамы және микроагрегаттық талдау Н.А. Качинский әдісімен ГОСТ 12536-2014 анықталды. Ауыр метал-

дарды анықтау Крупская және Александровалардың әдісі бойынша жүргізілді. Cu – СТ РК ГОС Р 50684-2008, Zn – МЕМСТ Р 50686-94, Pb – РД 52.18.289-90 (KZ. 07.00.03250-2015), Cd – РД52.18.289-90 (KZ. 07.00.03250-2015); жалпы формалары: Zn – СТ ҚР ИСО 11047-2008, СТ ҚР ИСО 11466-2010, Pb – СТ ҚР ИСО 11047-2008 п.3, СТ ҚР ИСО 11466-2010, Cd - СТ ҚР ИСО 11047-2008 п.3, СТ ҚР ИСО 11466-2010 әдістері бойынша анықталды.

Зерттеу аумағын алдын ала аралау. Зерттеу нысанын алдын ала аралау топырақ қазба-шұңқырларын қазып, сипаттаудың негізгі нүктелерін анықтауға мүмкіндік берді (2-сурет).

Топырақ қазба-шұңқырлары тың жерге және тамшылатып және атыздық суару, жоңышқа егілген телімдерде қазылып, сипатталды.



Сурет 2 - Жамбыл облысы Байзақ ауданындағы қазылған топырақ қазба-шұңқырларының негізгі нүктелерінің картасы

ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ

Топырақ қазба-шұңқырларының морфологиялық сипаттамасы. № 1 қазба-шұңқыр Байзақ ауданында, Көк-

тал ауылында салынды. Суармалы егістік. Дақылы - қант қызылшасы. Қазба-шұңқыр атыздың бас жағында қазылды. Қант қызылшасынан басқа, кейде қамыс та кездеседі.

0-10 см	Қоңыр реңкті ақшыл-сұр түсті, дымқыл, борпылдақ, (кепкеннен кейін кесекті-шаңдақ), құмбалшық, ұсақ тамырлар, ұсақ қуысты, HCl-тамызғанда көпіршиді, келесі қабатқа өтуі біртіндеп.
10-15 см	Ашық-сұр түсті, дымқыл, тығыздалған, (кепкеннен кейін кесекті-ұнтақты), құмбалшық, ұсақ тамырлар, құрттар кездеседі, HCl тамызғанда көпіршиді, келесі қабатқа өтуі тығыздығы бойынша ерекшеленеді.
15-35 см	Қоңыр реңкті сұр түсті, дымқыл, сәл тығыздалған (кепкеннен кейін кесекті ұнтақты), құмбалшық, HCl тамызғанда көпіршиді, келесі қабатқа өтуі айқын.
35-60 см	Сұр-құба түсті, ылғалды, сәл тығыздалған, (кепкеннен кейін кесекті-ұнтақты-шаңдақ), құмбалшық, ұсақ тамырлар мен $d = 2$ см қамыс тамырлары кездеседі, HCl тамызғанда көпіршиді, келесі қабатқа өтуі айқын.
60-98 см	Сұр-құба түсті, ылғалды, сәл тығыздалған, (кепкеннен кейін кесекті-жаңғақты-шаңдақ), құмбалшық, ұсақ тамырлар кездеседі, HCl тамызғанда көпіршиді, келесі қабатқа өтуі айқын.
98-115 см	Сұр-құба түсті, ылғалды, тығыз, ауыр құмбалшық, өсімдік тамырлары, карбонаттар мол кездеседі, HCl тамызғанда көпіршиді.

№ 2- қазба-шұңқыр қант қызылшасының суармалы алқабы атыздың соңында қазылып, сипатталды.

0-10 см	Ашық-сұр түсті, борпылдақ, дымқыл, (кепкеннен кейін кесекті-ұнтақты-шаңдақ) құмбалшық, ұсақ копролиттер кездеседі, өсімдіктердің ұсақ тамырлары және ұсақ тастар мен қиыршық тастар кездеседі, HCl тамызғанда көпіршиді, келесі қабатқа өтуі ылғалдылығы мен тығыздығы бойынша айқын.
10-20 см	Ашық сұр, ылғалды, тығыздалған, (кепкеннен кейін ұнтақты-шаңдақ), құмбалшық, ұсақ қиыршық тас пен тамырлар кездеседі, келесі қабатқа өтуі айқын.
20-37 см	Қоңыр реңкті ақшыл-сұр түсті, тығыздалған, (кепкеннен кейін қабыршақты-ұсақ кесекті), құмбалшық, ұсақ тастар кездеседі, ұсақ кеуекті, жартылай шіріген тамыр қалдықтары, HCl тамызғанда көпіршиді, келесі қабатқа өтуі тығыздығы бойынша айқын.
37-48 см	Ақшыл-сұр түсті, тығыз, (кепкеннен кейін ұнтақты-шаңдақ), құмбалшық, ұсақ копролиттер, ұсақ қуысты, ұсақ қиыршық тастар, ұсақ тамырлар кездеседі, HCl тамызғанда көпіршиді, келесі қабатқа өтуі айқын.
48-77 см	Құба-қоңыр түсті, ылғалды, тығыз, (кепкеннен кейін ұнтақты-шаңдақ), құмбалшық, ұсақ қиыршық тас, карбонатты ұнтақ, HCl тамызғанда көпіршиді, келесі қабатқа өтуі айқын.
77-95 см	Қоңыр реңкті құба түсті, тығыз, ылғалды, (кепкеннен кейін тасты-қиыршықтасты-шаңдақ), жеңіл құмбалшық, одан әрі қиыршық тас, HCl тамызғанда көпіршиді.

№ 3 қазба-шұңқыр. Көктал суармалы алқабы, тамшылатып суарылатын қант қызылшасы дақылы, алқаптың шығысында орман алқабы, оңтүстігінде жоғары вольтты желі және қимадан оңтүстікке қарай 7 м трансформаторлық үйшік орналасқан. Мұнда тамшылатып суаруға арналған сорғы станциясы орналасқан.

0-15 см	Ашық сұр түсті, (кепкеннен кейін кесекті-ұнтақты-шаңдақ), борпылдақ, дымқыл, құмбалшық, ұсақ кеукті, өсімдіктердің ұсақ тамырлары жартылай шіріген өсімдік қалдықтары кездеседі, HCl тамызғанда көпіршиді, келесі қабатқа өтуі тығыздығы бойынша айқын.
15-33 см	Ашық-сұр түсті, қоңыр реңкті, ылғалды, тығыз, (кепкеннен кейін кесекті-ұнтақты-шаңдақ), кей жерлерде плиткалы құрылымды, құмбалшық, ұсақ тамырлар кездеседі, HCl тамызғанда көпіршиді, келесі қабатқа өтуі жайласуы бойынша айқын.
33-62 см	Сұр-құба түсті, тығыз, кей жерлерде аздап тығыздалған (кепкеннен кейін жаңғақты-ұнтақты-шаңдақ), құмбалшық, карбонатты ұнтақтар, HCl тамызғанда қатты көпіршиді, келесі қабатқа өтуі жайласуы бойынша айқын.
62-79 см	Ашық-құба түсті, ылғалды, тығыз (кепкеннен кейін жаңғақты-шаңдақ), құмбалшық, ұсақ кеукті, HCl тамызғанда көпіршиді, келесі қабатқа өтуі жайласуы бойынша айқын.
79-100 см	Құба түсті, ылғалды, аздап тығыздалған, (кепкеннен кейін жаңғақты-шаңдақ), құмбалшық, HCl тамызғанда көпіршиді.

Қант қызылшасы дақылы егілген суармалы телімдердің топырағының физикалық, физикалық-химиялық, химиялық қасиеттері. Топырақтағы әртүрлі өлшемдегі бөлшектердің саны басқа бөлшектердің санымен бірге топырақтың қасиеттеріне әсер етеді. Жеңіл құмбалшықты гранулометриялық құрамы бар топырақтарда су мен қоректік заттарды ұстап тұру қабілеті өте төмен, ал органикалық заттардың мөлшері көптеген жағдайларда өте аз. Ауыр құмбалшықты гранулометриялық құрамы бар топырақтағы қоректік элементтердің мөлшері құмға қарағанда көп. Зерттелген суармалы топырақтар негізінен жеңіл-орташа құмбалшықты гранулометриялық құрамға ие. Физикалық балшықтардың жинағы 14,3-44,7% шегінде (3-сурет).

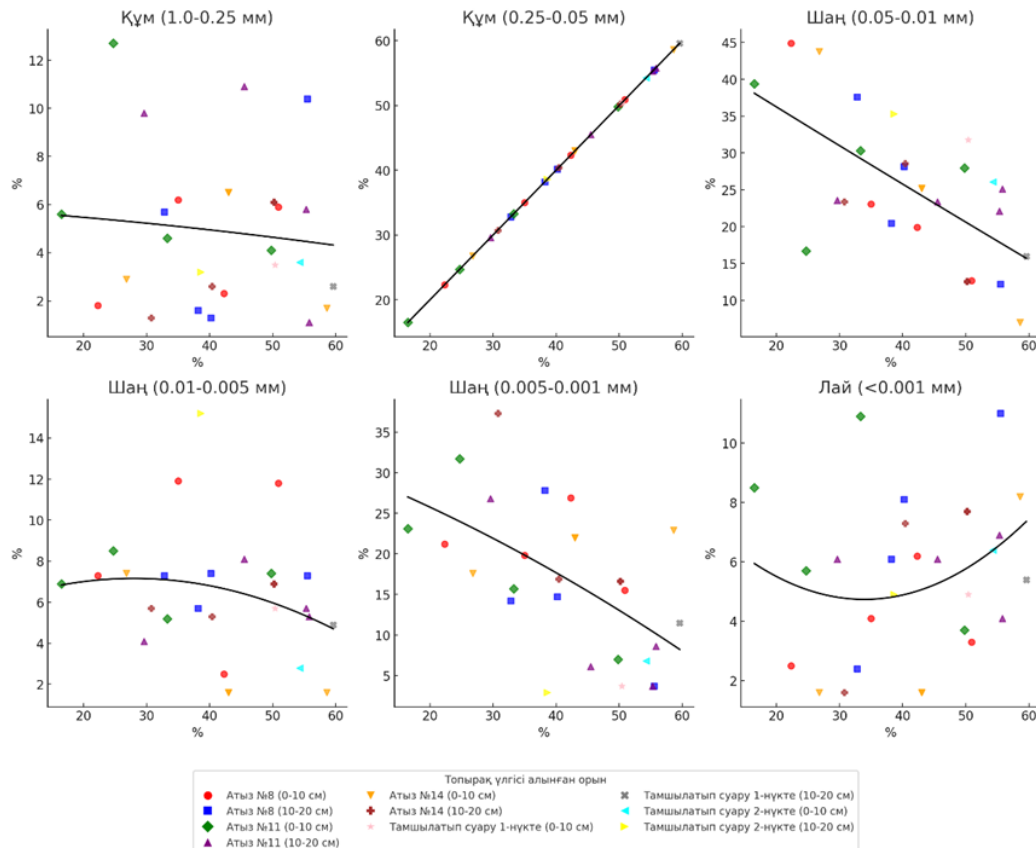
Топырақтың микроагрегаттық талдауы, қарапайым топырақ бөлшектері арасындағы байланыстардың беріктілік дәрежесін көрсете отырып, бөлінген фракциялардың арақатынасын көрсетеді, бұл кеуктік кеңістіктің құрылымы қалыптасуын бағалауға мүмкіндік береді. Бөлінген фракциялардың құрамы мен қасиеттері, ең алдымен олардағы агрегатталған және агрегатталмаған бөлшектердің арақатынасы макроструктураның физикалық жай-күйіне тікелей әсер етеді.

Шалғынды-сұр топырақты суару кезінде қант қызылшасы егістігінде топырақтың микроагрегаттық құрамы өзгеруі мүмкін. Суару топырақтың құрылымына, оның агрегаттық құрамына және тұрақтылығына әсер етеді. Негізгі өзгерістер мынадай болуы мүмкін: атыздық суару - бұл әдіспен су атыздарға беріледі, бұл топырақтың жоғарғы қабатының шамадан тыс ылғалдануына әкелуі мүмкін. Нәтижесінде ұсақ бөлшектердің шайылуы байқалады, бұл ұсақ агрегаттардың құрамын төмендетеді. Мұндай жағдайлар топырақ құрылымдарының бұзылуына және микро-агрегаттардың тұрақтылығының төмендеуіне ықпал етеді. Тамшылатып суару - бұл әдіс суды әрбір өсімдікке нүктелі және баяу береді, бұл топырақ кескінінде ылғалдың біркелкі таралуына ықпал етеді. Бұл әдіс, әдетте, неғұрлым орнықты құрылымды сақтай отырып, топырақ агрегаттарының бұзылуын азайтады. Тамшылатып суару эрозияны азайтудың және топыраққа ең аз механикалық әсер етудің арқасында микроагрегаттық құрамды жақсартуы мүмкін.

Талдамалық зерттеулер көрсеткендей, 13,8-51,5%-дан микроагрегаттардың негізгі мөлшері ірі шаң фракциясына, 57,7%-дан 12,5%-ға дейін ұсақ құмға тиесілі, қалған шамалы бөлігін

ұсақ шаң мен тұнба фракциялары құрайды (4-сурет). Шаңды және ылайлы фракциялар есебінен микроагрегаттар-

дың пайда болуы байқалады. Кестедегі деректер зерттелетін топырақтағы агрегация үрдістері туралы куәландырады.



Сурет 3 - Қант қызылшасы дақылдарының суармалы телімдері топырағының гранулометриялық құрамының мөлшері, %

Топырақ құнарлылығының басты көрсеткіштерінің бірі, атап айтқанда, топырақтың гумусты-аккумулятивті қабаты болып саналады, ал егістік жерлер үшін топырақтың жыртлатын қабаттары өте маңыздылыққа ие. Суармалы жерлердегі гумус құрамы топырақтың типіне және басқа факторларға байланысты өзгеруі мүмкін [11].

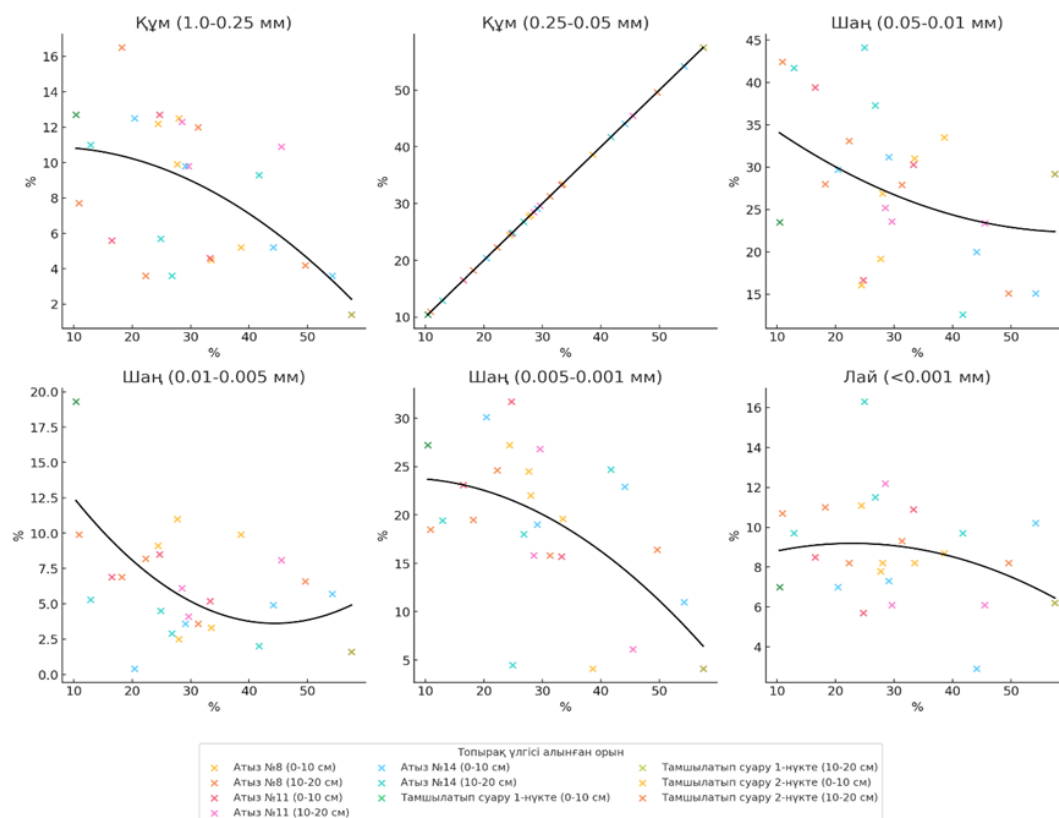
Талдамалық деректер топырақтың жоғарғы қабаттарында (0-10 см) гумустың мөлшері 1,2-ден 2,0%-ға дейін, 10-20 см қабатта 0,9-1,9%-ға дейін ауытқитынын көрсетеді. Тамшылатып суару кезінде топырақтың жоғарғы қабаттарында (0-10 см) гумустың мөлшері 1,8-2,4%, 10-20 см қабатта 1,7%

ауытқиды. Топырақтың градациясы бойынша зерттелетін телімдердің топырағында гумустың мөлшері төмен және өте төмен болып келеді (1-кесте).

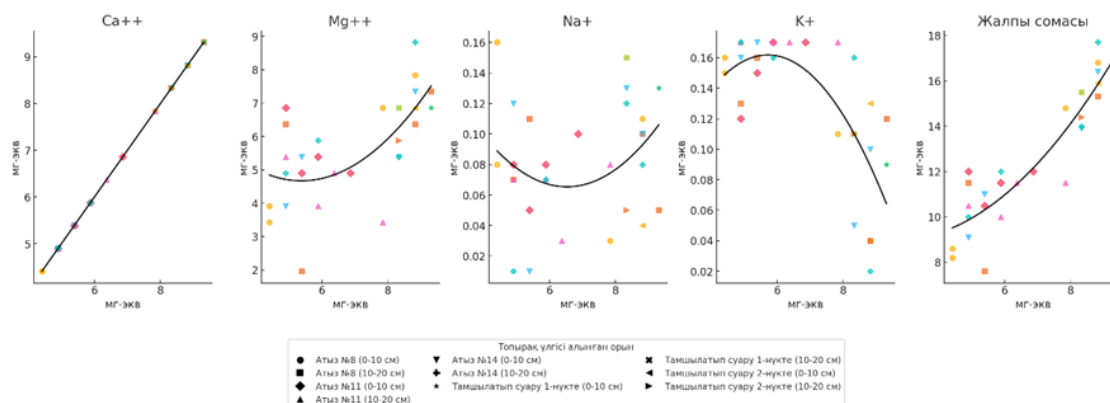
Шалғынды-сұр топырақты ұзақ уақыт суару және агротехникалық өңдеу органикалық заттардың азаюына және топырақ агрегаттарының бұзылуына алып келді. Егістіктің топырағы азоттың жылжымалы формаларымен және калиймен орташа қамтамасыз етілген. CO₂ құрамы 4,6-дан 8,7%-ға дейін жоғары карбонатты топырақта, рН құрамы 7,3-8,2 шегінде, бейтарап топырақтан әлсіз сілтілі және сілтілі топыраққа дейін ауытқиды (1-кесте).

Талдау нәтижелері сіңірілген негіздер сомасының төмен мәндерін көрсетеді. Топырақ агрегаттарының суландыру суының әсеріне төзімділігі олардың мәндеріне байланысты. Нысанның шалғындық-сұр топырақты топырағының сипатты қасиеттері - органикалық заттардың төмен құрамы,

сіңірілген негіздердің жиынтық деңгейінің төмен болуы, топырақ агрегаттарының қызылша дақылдарын суару әсеріне тұрақсыздығына әсер етті. Бұл нәтижелер суару кезіндегі эрозиялық үрдістер туралы куәландырады (5-сурет).



Сурет 4 - Суармалы телімдегі топырақтың микроагрегаттық құрамының мөлшері, %



Сурет 5 – Сіңірілген негіздердің мөлшері, мг-экв/100 г.

Ауыл шаруашылығы жерлеріндегі техногендік элементтердің құрамы және ауыр металлдардың (Cd, Zn, Cu) жиналу деңгейін бағалау. Антропогендік әсер нәтижесінде топырақта жинақталатын уыттылығы жоғары заттар ауыр металдар болып табылады.

Қоршаған ортаны қорғау саласындағы зерттеулерде топырақтың құрамында ауыр металдар болуына талдау жасауға көп көңіл бөлінеді, өйткені топырақтағы ауыр металдардың мөлшері олардың биологиялық жай-күйіне, атап айтқанда микробиотаның жұмыс істеуіне және «топырақ - өсімдік» жүйесіндегі өзара іс-қимылға, тиісінше аумақтың өсімдік жамылғысының жай-күйіне, тұтастай алғанда, халықтың денсаулығын қоса алғанда, экологиялық жағдайға да көп көңіл бөлінеді.

Зерттелетін нысанның топырағындағы ауыр металдардың жалпы және жылжымалы формаларының қолайлы концентрациялардағы құрамы бойынша талдамалық деректер 2 және 3-қазба-шұңқырларының жоғарғы қабаттарында мырыштың мөлшерінің кейбір шамалы (ШРК 100 – 0-10 см қабатта жалпы Zn мөлшері 113,6 мг/кг) ұлғаюы байқалады.

Әртүрлі атыздық телімдерде ирригациялық эрозиялық үрдістерді анықтау. Қазақстан аумағында су эрозиясына (шайылуына) ұшыраған жерлердің жалпы ауданы 4,9 млн га немесе ауыл шаруашылығы алқаптарының 2,3%-ын құрайды. Оның ішінде қатты шайылған топырақтың жалпы ауданы 209,2 мың га (4,2%) құрайды. Олардың негізгі алаңдары Ақмола, Алматы, Жамбыл облыстарында орналасқан. Жамбыл облысындағы суармалы жерлердің ирригациялық эрозиясы елдегі су эрозиясының қауіптілігі жоғары салаларының біріне жатады [12].

Түрлі атыздарда ирригациялық эрозиялық үрдістерді және қант қызылшасының өнімділігін анықтау үшін мынадай зерттеулер жүргізуге болады:

- Суару режиміне, атыздың пішініне және ағын мөлшеріне байланысты топырақтың эрозияға төзімділігінің сандық көрсеткіштерін анықтау.

- Топырақтан гумусты, жалпы азотты, сұйық және қатты ағындағы жалпы фосфорды шығаруға атыз пішінінің әсерін анықтау.

- Эрозияға ұшыраған топырақта белгілі бір дақылдарды (мысалы, картоп, мақта, бидай) суару кезінде атыздардың оңтайлы нысандары мен ағын көлемін анықтау.

- Ауыл шаруашылығы дақылдарының өсуін, дамуын және олардың өнімділігін ирригациялық эрозияға ұшыраған топырақтағы судың нысаны мен ағынның шамасына байланысты бағалауды зерттеу [13].

Ирригациялық эрозия суармалы атыздардың шайылуына және ағынды сулармен топырақ массасының шығарылуына әкеп соқтырады, бұл ауыл шаруашылығына зиян келтіреді. Эрозиялық үрдістерді азайту үшін эрозияға ұшыраған телімдердің бетін жыл сайын тегістеу, сондай-ақ су шығынын дәл мөлшерлеу үшін құрылғыларды (суару түтіктері, сифондар, шлангілер) қолдану ұсынылады [14].

Топырақтың ирригациялық эрозиясының пайда болуы мен дамуы көптеген факторлардың жиынтығымен айқындалады. Олардың ішінде ирригациялық эрозияның төзімділігін анықтауда жергілікті жердің бедеріне, топырақтың қасиетіне, атыздың пішіні және суармалы су ағысының мөлшері ерекше рөл атқарады [15].

Кесте 1 – Зерттелетін нысанның топырақтарындағы гумустың, CO₂, қоректік элементтердің мөлшері

Топырақ үлгісінің алынған жері	Тереңдігі, см	Жалпы гумус %	pH	CO ₂ , %	Жылжымалы			Жалпы			
					Жеңіл ыдырайтын азот, мг/кг	Фосфор, мг/кг	Калий, мг/кг	Азот, %	Фосфор, %	Калий, %	
Атыз №8	0-75 м	0-10	2,0	7,3	6,1	75,6	40	240	0,154	0,211	3,498
		10-20	1,9	7,8	6,3	61,6	26	240	0,154	0,177	3,603
	75-150 м	0-10	1,6	7,5	5,7	50,4	16	270	0,154	0,190	3,286
		10-20	1,7	7,4	5,5	44,8	10	250	0,140	0,168	3,392
	150-225 м	0-10	1,0	8,0	5,5	39,2	32	200	0,098	0,206	3,392
		10-20	1,1	8,0	5,5	28,0	28	170	0,084	0,196	3,392
	225-300 м	0-10	1,2	7,7	5,2	47,6	54	250	0,126	0,190	3,392
		10-20	1,1	7,7	5,1	30,8	36	220	0,126	0,199	3,286
Атыз №11	0-75 м	0-10	1,4	7,7	5,2	47,6	46	220	0,140	0,227	3,392
		10-20	1,4	7,8	5,4	36,4	22	210	0,126	0,209	3,392
	75-150 м	0-10	1,3	8,0	5,2	42,0	30	170	0,126	0,182	3,180
		10-20	0,9	7,9	5,4	33,6	16	100	0,098	0,170	3,286
	150-225 м	0-10	1,4	8,0	5,2	61,6	62	250	0,112	0,232	3,286
		10-20	1,3	7,8	5,2	47,6	60	170	0,112	0,198	3,392
	225-300 м	0-10	1,2	7,7	4,6	36,4	64	250	0,112	0,230	3,286
		10-20	1,1	7,6	4,8	47,6	60	190	0,112	0,175	3,180
Атыз №14	0-75 м	0-10	1,6	7,7	6,9	50,4	60	170	0,126	0,181	3,498
		10-20	1,6	7,3	6,4	58,8	26	200	0,098	0,175	3,075
	75-150 м	0-10	1,6	7,5	5,7	50,4	16	270	0,112	0,190	3,286
		10-20	1,5	7,9	5,8	47,6	12	250	0,098	0,170	3,180
	150-225 м	0-10	1,3	8,2	5,4	36,4	46	150	0,112	0,231	3,498
		10-20	1,2	7,6	6,1	39,2	40	140	0,126	0,227	3,392
	225-300 м	0-10	1,6	7,5	5,7	33,6	32	180	0,140	0,209	3,392
		10-20	1,2	8	5,2	30,8	32	180	0,126	0,196	3,180
Тамшылатып суару	Т-1	0-10	1,8	7,7	6,9	47,6	84	250	0,126	0,192	3,180
		10-20	1,7	7,9	7,3	50,4	32	190	0,140	0,176	2,969
	Т-2	0-10	2,4	7,7	8,7	70,0	32	310	0,168	0,177	2,863
		10-20	1,7	8,0	8,2	64,4	24	190	0,182	0,119	2,969

Топырақтың ирригациялық эрозиясының зиянды әсері жоғарғы құнарлы қабаттың едәуір мөлшерін жуып кетуден, осы қабатпен бірге қоректік заттарды шығарудан және соның салдарынан ауыл шаруашылығы дақылдары өнімінің төмендеуінен тұрады. Беті үлкен еңісті алқаптарды суарудың отандық және шетелдік тәжірибесінде суару кезінде топырақтың шайылуының алдын алудың және болдырмаудың белгілі бір тәжірибесі жинақталған. Б.А. Шумаков пен Д.А. Штокаловтың деректері

бойынша суармалы жыраның оңтайлы ұзындығы судың сіңу жылдамдығын, сондай-ақ суармалы аумақтың бедерін анықтайтын топырақтың сулы-физикалық қасиеттеріне байланысты [16].

Суармалы алқаптардағы судың жылдамдығы мен көлемі анықталды (6-сурет).

Біздің деректер зерттелетін топырақтың жіктелуі бойынша қауіптіліктің екінші класына жататынын көрсетеді, яғни жылына 4,1-5,3 т/га әлсіз эрозиялық қауіптілік (2, 3-кестелер).

Кесте 2 - Топырақтың эрозиялық қауіптілігі бойынша [17]

Класс	Атауы
1	Эрозиялық қауіптілігі шамалы (жылына 3 т/га дейін)
2	Эрозиялық қауіптілік әлсіз (жылына 3,1-10 т/га дейін)
3	Эрозиялық қауіптілігі орташа (жылына 10,1-20 т/га дейін)
4	Эрозиялық қауіптілігі күшті (жылына 20,1-40 т/га дейін)
5	Эрозиялық қауіптілігі өте күшті (жылына 40 т/га астам)
6	Шайылған жерлер

Кесте 3 - Ирригациялық эрозиялық үрдістерді анықтау

Атыздың нөмірі	Су шығыны, л/с	Атыздың еңкіштігі (I)	Су түбін шаю жылдамдығы, м/с	Атыздың ұзындығы (L), см	Атыздың ені, см	Атыздың тереңдігі, см	Суарудың ұзақтығы, сағат	(Q) топырақтың шайылуы, т/га, жыл
8	0,45	0,041-0,009	0,042	300	30	5,5	32	4,11
11	0,60	0,041-0,009	0,045	300	35	5,7	32	4,43
14	1,1	0,041-0,009	0,051	300	40	9,0	32	5,29

Қант қызылшасының биологиялық өнімділігі. Ирригациялық эрозия өсімдіктерді қоректендірудің және топырақ пен өсімдіктердің агрохимиялық, агрофизикалық қасиеттерінің, өнімнің шығымдылығы мен сапасының нашарлауына әкеледі [18].

Қант қызылшасының биологиялық өнімділігі атыздық және тамшылатып суару кезінде анықталды. Біздің

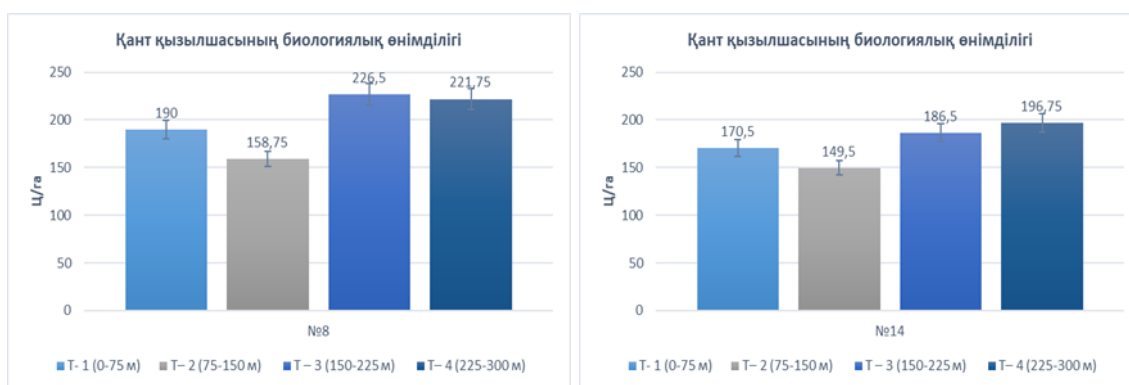
мәліметтеріміз бойынша, қант қызылшасының биологиялық өнімділігі атыздың бас жағынан қарағанда 0-150 метр және 150-300 метр жерде жоғары: сәйкесінше өнім 226,5 ц/га және 221,0 ц/га, яғни 36,5 және 63,0 ц/га жоғары (атыз 7, 8 - сурет). Тамшылатып суару кезінде өнімділік 1- нүктесімен (басталуы) салыстырғанда 248 ц/га жоғары, яғни 1-ші нүктемен салыстырғанда 99,25 ц/га

жоғары (8-сурет). Қант қызылшасының өнімділігі су мен қоректік заттардың біркелкі таралмауынан қант қызылшасының өнімділігі бұрынғыдан жоғары.

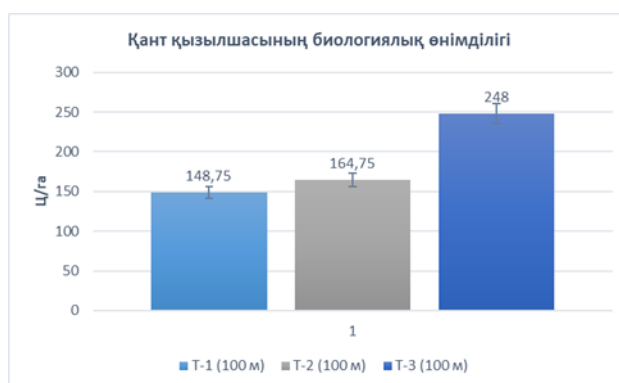
Суармалы және тамшылатып суару үрдісінде су бірте-бірте суарылып, соңында ылғал мен еріген элементтер бастапқыға қарағанда көбірек жиналуы мүмкін.



Сурет 6 – Суармалы алқаптардағы судың жылдамдығы мен көлемін анықтау



Сурет 7 – Атыздық суару, № 8, 14



Сурет 8 – Тамшылатып суару

Нәтижесінде өсімдіктер атыздың соңында су мен қоректік заттарды көбірек алады, бұл олардың өсуін ынталандырады және өнімділігін арттырады. Сондай-ақ мынадай факторлар болуы мүмкін: қоректік заттардың жинақталуындағы айырмашылық; Сумен тасымалданатын кейбір қоректік заттар, әсіресе ұзын атыздың соңында шөгіп қалуы мүмкін. Өсімдіктердің физиологиялық үрдістері: атыздың соңында орналасқан өсімдіктерде ылғалданудың неғұрлым біркелкі режимі болуы мүмкін, бұл тамыр жүйесінің жақсы дамуына және жоғары өнімділікке ықпал етеді. Топырақ жағдайының айырмашылығы: атыздың соңында органикалық заттар мен қоректік элементтері жинақталуы мүмкін, бұл топырақтың құрылымын және оның құнарлылығын жақсартыады. Өнімділікті теңестіру үшін атыздың барлық ұзындығы бойынша судың біркелкі берілуін бақылау және қажет болған жағдайда суару жүйесінің параметрлерін түзету ұсынылады. Қант қызылшасы өнімінің нәтижелері бойынша атыздардың тереңдігі мен енінің әртүрлі өлшемдері дақылдардың суармалы судың белгілі бір көлемімен қамтамасыз етілуіне, топырақ агрегаттарының шайылуға беріктігінің сақталуына әсер ететінін атап өткен жөн, ол өз кезегінде судың жылдамдығына және топырақтың су режиміне байланысты. Тамшылатып суарудан жоғары өнім алынды. Бұл ретте атыздық суару кезінде қызылшаның өнімі атыздың ортаңғы бөлігінде атыздың бас жағынан алынған өніммен салыстырғанда жоғары болды.

ҚОРЫТЫНДЫ

Зерттелген суармалы топырақтар негізінен жеңіл-орташа құмбалшықты

гранулометриялық құрамға ие. Талдамалық зерттеулер көрсеткендей, 13,8-51,5%-дан микроагрегаттардың негізгі мөлшері ірі шаң фракциясына, 57,7%-дан 12,5%-ға дейін ұсақ құмға тиесілі, қалған шамалы бөлігін ұсақ шаң мен тұнба фракциялары құрайды. Гумус бойынша нәтижелер топырақтың төмен және өте төмен гумусты екенін көрсетті: топырақ азоттың жылжымалы формаларымен орташа қамтамасыз етілген, фосформен төмен қамтамасыз етілген және калиймен орташа қамтамасыз етілген. Зерттеу нысанының топырағы әлсіз сілтілі және сілтілі болып табылады. Нәтижелер эрозиялық қауіптілік топырағын жіктеу бойынша атыздық суару жағдайындағы телімнің топырағы қауіптіліктің 2-классына жататынын көрсетті, яғни эрозиялық қауіптілік әлсіз (қатты бөлігін шығару жылына 4,1-5,3 т/га құрайды. Қант қызылшасының биологиялық түсімін есепке алу атыздық суару және тамшылатып суару бойынша суарудың басында және суармалы белдеудің ұзындығы бойынша ортаңғы бөлігінде өнімділіктің жалпы төмендеу үрдісін көрсетті (300 м). Ең жоғары өнім атыздың соңында алынды. Бұл ирригациялық эрозияның шамалы байқалуы кезінде топырақ органикасы, қоректік элементтер шоғырланған, судың жылдамдығы төмендейтін, ылғал дақылдарды толық және біркелкі суаратын және тамыр жемістілердің жақсы дамуына ықпал ететін және қант қызылшасының өнімділігіне әсер ететін топырақтың ұсақ фракциясының суармалы сумен шығарылуымен түсіндіріледі.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

1. Сводный аналитический отчет о состоянии и использовании земель в Республике Казахстан за 2019 г. – Нур-Султан: Комитет по управлению земельными ресурсами министерства регионального развития Республики Казахстан, 2019.

2. Касенова А.Ж., Шушпаева А.Е. Эрозия почв в Северном Казахстане «М.А. Гендельманның 110 жылдығына арналған «Сейфуллин оқулары – 19» халықаралық ғылыми-практикалық конференциясының материалдары/ Материалы международной научно-практической конференции «Сейфуллинские чтения – 19», посвященной 110 - летию М.А. Гендельмана» - 2023. - Т.І, Ч.ІІІ. - С. 317-320.
3. Сводный аналитический отчет о состоянии и использовании земель Республики Казахстан за 2023 год. - Астана, - 2023. - 336 с.
4. Кенжегузинова Д.К. Обзор эрозионных процессов на территории Республики Казахстан// Научно-практический электронный журнал Аллея Науки. - 2020. – № 12. – С. 51.
5. Mirzazhonov K.M, Rakhmonov R.U. Current trends in the selection, seed and agrotechnology of field crops. Proceedings of the International scientific-practical conference. - № 2. - P. 101-103.
6. Isaev S., Begmatov I., Goziev G., Khasanov S. Efficiency of irrigation water discharged to furrows in combating irrigation erosion// Materials Science and Engineering. IOP Conference Series. - 2020. - № 883 (1). - P. 68-80.
7. Muradov R. A. Water use in conditions of a shortage of irrigation water//Vestnik Tash GTU. 2010. - №1-2. - S. 164-168.
8. Muradov R. A. Some issues of effective use of land in the WUA with a shortage of water resources// IX international. scientific -practice. confer. "Agricultural Science - Agriculture." Barnaul: Altai GAU. - 2014. - S. 460-462.
9. Байзакский район, Казахстан. Национальная энциклопедия. - Алматы: Қазақ энциклопедиясы, 2004. - Т.І. - ISBN 9965-9389-9-7. (CC BY-SA 3.0).
10. Мороз А.В. Агроэкологизация сельскохозяйственного землепользования в условиях техногенного загрязнения// Аграрная наука. - 2000. - № 6. - С. 11-12.
11. Мороз А.В. Использование сельскохозяйственных земель в условиях техногенного загрязнения// Аграрная наука. - 2001. - № 1. - С. 10-11.
12. Хакбердиев О.Э., Махсудов Х.М., Тажибаев С.С. Выявление и оценка эрозионноопасных орошаемых земель сероземного пояса Кашкадарьинской области// Почвоведение и агрохимия. - 2009. - № (3). - P.57-62.
13. [Electronic resource]: Mirzazhonov K.M., Rakhmonov R.U. Irrigation soil erosion and elements of its control. Monograph "Nowruz" printing house. - Tashkent. 2015. - P. 121-134. Rezhim dostupa: <https://oaji.net, svobodnyj>.
14. [Электронный ресурс]: Isaev S.Kh., Rakhmonov R.U., Tadzhiev S.S., Goziev G.I., Khasanov S.Z. Efficiency irrigation water diverted into furrows for erosion control on Energy, Civil and Agricultural Engineering (ICECAE 2020), 14-16 October. Tashkent, Uzbekistan. Режим доступа: <https://www.dissercat.com, свободный>.
15. Khamidov M., Nazaraliev D., Khamidov A. Soil Protection and Anti-Erosion Techniques for Cotton Irrigation// International Journal of Geology. - 2009. - №3. - P. 17-19.
16. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://journal.soil.kz>jour/article/download/207/199, свободный>.
17. Иванова, О.И. Бураков Д.А. Эрозия почв: учебное пособие Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2020. - 103 с.
18. Rakhmonov R.U., In: "The current ecological state of the natural environment and scientific and practical aspects of rational nature management" conference to the 25th anniversary of the "Caspian Research Institute of Arid Agriculture" – Tashkent, 2016. – P. 592-595.

REFERENCES

1. Summary analytical report on the state and use of land in the Republic of Kazakhstan for 2019 - Nur-Sultan: Committee on Land Management of the Ministry of Regional Development of the Republic of Kazakhstan, 2019.
2. Kasenova A.Zh., Shushpaeva A.E. Soil erosion in northern Kazakhstan "M.A. Gendelmannyk 110 zhyldyryna arnalkan" Seyfullin oqulary - 19 "khalyk aralyk-lyy-practical conference materials = Materials of the international scientific-practical conference" Seyfullin Fullin readings - 19 "dedicated to the 110 anniversary of M.A. Gendelman" - 2023. - T.I., Ch.III. - S. 317-320.]
3. Summary analytical report on the state and use of lands of the Republic of Kazakhstan for 2023. Astana 2023. 336 s.
4. Kenzheguzinova D.K. review of erosion processes in the Republic of Kazakhstan// Scientific and practical electronic journal Alley of Science. - 2020. - №12. - S. 51.
5. Mirzazhonov K.M., Rakhmonov R.U. In: Proceedings of the International scientific-practical conference// Current trends in the selection, seed and agrotechnology of field crops. - № 2. - P. 101-103.
6. Isaev S., Begmatov I., Goziev G., Khasanov S. Efficiency of irrigation water discharged to furrows in combating irrigation erosion// Materials Science and Engineering. IOP Conference Series. - 2020. - № 883 (1). - P. 68-80.
7. Muradov R. A. Water use in conditions of a shortage of irrigation water//Vestnik Tash GTU. 2010. - №1-2. - S. 164-168.
8. Muradov R. A. Some issues of effective use of land in the WUA with a shortage of water resources//IX international. scientific -practice. confer. "Agricultural Science - Agriculture." Barnaul: Altai GAU. - 2014. - S. 460-462.
9. Baizak District, Kazakhstan. National Encyclopedia. - Almaty: Kazakh Encyclopedia, 2004. - Vol. I. - ISBN 9965-9389-9-7. (CC BY-SA 3.0).
10. Moroz A.V. Agroecologization of agricultural land use under conditions of technogenic pollution// Agrarian Science. - 2000. - № 6. - S. 11-12.
11. Moroz A.V. Utilization of agricultural lands under conditions of technogenic pollution// Agrarian Science. - 2001. - № 1. - S. 10-11.
12. Khakberdiev O.E., Makhmudov Kh.M., Tajibaev S.S. Identification and assessment of erosion-prone irrigated lands in the serozem belt of Kashkadarya region// Soil Science and Agrochemistry. - 2009. - №(3). - S. 57-62.
13. [Electronic resource]: Mirzazhonov K.M., Rakhmonov R.U. Irrigation soil erosion and elements of its control. Monograph "Nowruz" printing house. - Tashkent. 2015. - P. 121-134. Rezhim dostupa: <https://oaji.net,svobodnyj>.
14. [Electronic resource]: Isaev S.Kh., Rakhmonov R.U., Tadzhiev S.S., Goziev G.I., Khasanov S.Z. Efficiency irrigation water diverted into furrows for erosion control on Energy, Civil and Agricultural Engineering (ICECAE 2020), 14-16 October. Tashkent, Uzbekistan. Rezhim dostupa: <https://www.dissercat.com,svobodnyj>.
15. Khamidov M., Nazaraliev D., Khamidov A. Soil Protection and Anti-Erosion Techniques for Cotton Irrigation// International Journal of Geology. - 2009. - №3. - P.17-19.
16. [Electronic resource]: Rezhim dostupa: <https://journal.soil.kz> → jour/article/download/207/199,svobodnyj.
17. Ivanova, O.I. Burakov D.A. Soil erosion: textbook Krasnoyarsk State Agrarian University. - Krasnoyarsk, 2020. 103 s.
18. Rakhmonov R.U., in: "The current ecological state of the natural environment

and scientific and practical aspects of rational nature management” conference to the 25th anniversary of the “Caspian Research Institute of Arid Agriculture” – Tashkent, 2016. – P. 592-595.

РЕЗЮМЕ

Ф.Е. Козыбаева^{1*}, Г.Б. Бейсеева^{1*}, Г.А. Сапаров¹, К. Кулымбет¹,
А. Абзал¹, М.Токтар²

ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ БОРОЗДКОВЫХ И КАПЕЛЬНО-
ОРОШАЕМЫХ ПОЧВ, ЗАСЕЯННЫХ САХАРНОЙ СВЕКЛОЙ В БАЙЗАКСКОМ РАЙОНЕ
ЖАМБЫЛСКОЙ ОБЛАСТИ

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

*e-mail: farida_kozybaeva@mail.ru, *beiseeva2009@mail.ru

²Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева, 050013, г. Алматы, ул. Сатпаева, 22, Казахстан,

e-mail: m.toktar@satbayev.university

В статье описывается экологическое состояние почвы в условиях бороздкового и капельного орошения под посевом сахарной свеклой. Изученные орошаемые почвы имеют преимущественно легко песчаный гранулометрический состав. Аналитические исследования показывают, что из 13,8-51,5% основное количество микроагрегатов приходится на крупную пылевую фракцию, от 57,7% до 12,5% - на мелкий песок, остальную часть составляют мелкие пылевые и осадочные фракции. Результаты по гумусу показали низкое и очень низкое его содержание, почвы средне обеспечены подвижными формами азота, низко обеспечены фосфором и обеспечены калием. Почва объекта исследования является слабо щелочной и щелочной. Результаты по классификации грунтов эрозионной опасности показали, что почва участка в условиях бороздкового орошения относится ко 2 классу опасности, т.е. эрозионная опасность слабая (выпуск твердой части составляет 4,1-5,3 т/га в год).

Ключевые слова: профиль почвы, морфологическая характеристика, бороздковое и орошение, капельное орошение, сахарная свекла, ирригационная эрозия, биологическая продуктивность.

SUMMARY

F.E. Kozybaeva^{1*}, G.B. Beiseyeva^{1*}, G.A. Saparov¹, K. Kulymbet¹,
A.A. Abzal¹, M. Toktar²

SOIL-ECOLOGICAL CONDITION OF FURROW AND DRIP-IRRIGATED SOILS SOWN WITH
SUGAR BEET IN THE BAYZAK DISTRICT OF ZHAMBYL REGION

¹U. Usanov Kazakh Research Institute of Soil Science and Agrochemistry,
050060, Almaty, al-Farabi Avenue, 75 B, Kazakhstan,

*e-mail: farida_kozybaeva@mail.ru, *beiseeva2009@mail.ru

²Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satbayev, 050013,
Almaty, Satpayev Street 22, Kazakhstan, e-mail: m.toktar@satbayev.university

The article describes the ecological state of the soil under conditions of soil and drip irrigation sown with sugar beets. The studied irrigated soils have a predominantly light sand grain size distribution. Analytical studies show that of 13.8-51.5%, the majority of microaggregates are in the large dust fraction, from 57.7% to 12.5% - in fine sand, the rest are fine dust and sedimentary fractions. Humus results showed low and very low soil humus: soils are moderately provided with mobile forms of nitrogen, low phosphorus and potassium. The soil of the study object is slightly alkaline and alkaline. The results of the soil classification of erosion hazard

showed that the soil of the site under conditions of rusty irrigation belongs to hazard class 2, i.e. the erosion hazard is weak (the output of the solid part is 4.1-5.3 t/ha per year).

Keywords: soil profile, morphological characteristic, furrow irrigation, drip irrigation, sugar beet, irrigation erosion, biological productivity.

АВТОРЛАР ТУРАЛЫ МӘЛІМЕТ

1. Козыбаева Фарида Есенкожановна – топырақ экологиясы бөлімінің Бас ғылыми қызметкері, биология ғылымдарының докторы, профессор, e-mail: farida_kozybaeva@mail.ru

2. Бейсеева Гульжан Бейсеевна - топырақ экологиясы бөлімінің Бас ғылыми қызметкері, ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы, e-mail: beiseeva2009@mail.ru

3. Сапаров Галымжан Абдуллаевич – топырақ экологиясы бөлімінің меңгерушісі, ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, e-mail: saparov.g@mail.ru

4. Құлымбет Қанат - топырақ экологиясы бөлімінің ғылыми қызметкері, PhD докторант, e-mail: qulymbet.qanat@gmail.com

5. Абзал Әсия Абзалқызы – топырақ экологиясы бөлімінің инженер-экологы, e-mail: assiya.1308@gmail.com

6. Тоқтар Мұрат - геодезия және маркшейдер кафедрасының қауымдастырылған профессоры, PhD, e-mail: m.toktar@satbayev.university

АГРОХИМИЯ

ГРНТИ 68.33.29

DOI: 10.51886/1999-740X_2025_1_56

Б.М. Амиров^{1*}, С.О. Базарбаев^{1*}, О. Жандыбаев¹, О.С. Курманакын¹
МОДЕЛИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ
ДОЗ И СООТНОШЕНИЙ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ЗАСОЛЕННЫХ
СВЕТЛЫХ СЕРОЗЕМАХ ЮЖНОГО КАЗАХСТАНА

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

**e-mail: bak.amirov@gmail.com, sultan-13_01@mail.ru*

Аннотация. В статье представлены результаты изучения различных доз и соотношений минеральных удобрений на староорошаемых засоленных светлых сероземах Шаульдерского массива в Туркестанской области на кукурузе, выращиваемой на зерно, для оптимизации минерального питания растений и моделирования формирования биомассы и урожайности. Проведен анализ динамики накопления сырой биомассы и формирования урожайности, а также экономической эффективности применения удобрений под кукурузу. Исследование основывалось на использовании принципов многофакторных полевых опытов с применением пошагового регрессионного анализа. Исследования показали, что на засоленном светлом сероземе биомасса кукурузы увеличивается с ростом доз удобрений, особенно азотных. Без удобрений биомасса одного растения составляет 328 и 408 г в фазы цветения и созревания, а при максимальных дозах N200P150K150 она достигала 641 и 907 г, соответственно. В фазе цветения, как показывает уравнение регрессии с высоким коэффициентом детерминации ($R^2=0,963$), отмечается положительный эффект азота и фосфора, причем первый оказывает наибольшее влияние, а эффект от калия оказался незначимым ($P>0,05$). При созревании также получена модель множественной регрессии с высоким коэффициентом детерминации ($R^2=0,979$), подтверждающий, что удобрения ответственны за 98% изменчивости биомассы, где все три элемента питания в одностороннем действии и азот во взаимодействии с калием оказывают положительное влияние. Уравнение регрессии, описывающее зависимость урожайности зерна кукурузы с высокой точностью ($R^2=0,979$), указывает на ведущую позитивную роль азота и фосфора, но взаимодействие азота с калием оказывало негативное влияние на продуктивность. Урожайность в варианте без удобрений составляет 6,3 т/га, а в варианте с дозами N200P150K150 - 13,0 т/га, при этом длина початка составляет 16,2 и 23,9 см, ширина 4,2 и 5,2 см, число зерен в початке 375 и 593 шт., масса 1000 зерен 303 и 427 г, соответственно. Регрессионная модель с достаточно высоким коэффициентом детерминации ($R^2=0,849$) показывает, что фосфор стимулирует зернообразование, а избыток азота может его снижать на фоне токсического эффекта засоленности почвы. На засоленных почвах экономически наиболее выгодны умеренные и повышенные дозы удобрений - N120P90K0 и N160P120K30, обеспечивающие баланс урожайности и затрат при рентабельности 119 и 107%, соответственно. Максимальный доход (1167 тыс. тг/га), полученный при внесении доз N200P150K150, сопровождается высокими затратами (699 тыс. тг/га). Таким образом, умеренные дозы удобрений более эффективны для повышения урожая кукурузы на засоленных почвах.

Ключевые слова: кукуруза, зерно, засоленная почва, плодородие, моделирование, урожайность, удобрение, элементы питания.

ВВЕДЕНИЕ

Кукуруза на зерно является одной из самых распространенных и значимых в мировом сельском хозяйстве культур. По данным ФАО в 2023 году мировая

посевная площадь под кукурузой составляла 208,2 млн га, а валовое производство зерна – 1241,6 млн тонн, при средней урожайности – 5,96 тыс 1 га. В Казахстане на площади 190,4 тыс. га

произведено 1,189 тыс. тонн, при урожайности 6,2 т/га. Наибольшие урожаи получают в США – 11,1 т/га, Италии – 10,7 т/га, Франции – 9,7 т/га, Канаде – 9,9 т/га и Германии – 9,6 т/га [1]. Кукуруза – растение разностороннего назначения. Зерно содержит 9-12% белка, 4–8% жира и 65–70% углеводов. Один килограмм зерна кукурузы содержит 1,35 кормовых ед., в то время, как ячменя – 1,18, фуражной пшеницы – 1,05, овса – 1. Регулярное употребление в пищу кукурузы помогает снизить уровень холестерина, улучшает работу пищеварительного тракта. Кукурузные зерна богаты витаминами: РР, Е, D, К и В (В1, В2), аскорбиновой кислотой, в ней много ценных минеральных веществ: соли калия, фосфора, кальция, магния, железа, никеля и меди. В кукурузном белке присутствуют незаменимые аминокислоты: триптофан и лизин [2-4].

Эффективность применения минерального питания играет ключевую роль в формировании урожайности кукурузы. В условиях засоленности почв от сбалансированного питания зависит рост и продуктивность растений [5].

В Туркестанской области почвы сильно подвержены засолению, причем 14,2% имеют сильную степень засоле-

ния, 70,4% – среднюю, а 15,4% – слабую. Наиболее высокое распространение засоленных почв наблюдается в Мактааральском, Шардаринском, Ордабасынском и Отырарском районах [6, 7]. Преобладающий тип засоления в Шаульдерском массиве орошения Отырарского района – хлоридно-сульфатный и сульфатно-хлоридный иногда с присутствием соды [8]. Все почвы массива карбонатные и характеризуются высокой щелочностью (рН=8-9). Территория массива относится к гидрогеологической области интенсивного внешнего притока и затрудненного оттока грунтовых вод. Почвы данного массива склонны к вторичному засолению [9, 10].

В настоящей статье представлены результаты исследований по формированию урожая кукурузы на зерно, возделываемой в условиях засоленных светлых сероземов Шаульдерского массива орошения Туркестанской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Полевые опыты с кукурузой на зерно были проведены на землях крестьянского хозяйства «Сарқырама», с/о Талапты, Отырарский район, Туркестанская область.

Координаты опытного участка – 42°42'21.6"N 68°20'11.2"E. (рисунок 1).



Рисунок 1 – Карта размещения опытного поля кукурузы

Основные метеорологические показатели за период с октября 2023 г. по октябрь 2024 г. представлены на рисунках 2 и 3 по данным метеостанции

г. Арыс. Данные включают ежемесячные показатели осадков и температуры, а также их отклонения от многолетних значений.



Рисунок 2 – Атмосферные осадки (мм) за период октябрь 2023 г. - октябрь 2024 г. в районе проведения полевых опытов (данные метеостанции г. Арыс)

За период октябрь 2023 г. - октябрь 2024 г. выпало 339 мм осадков, что на 73,2 мм выше среднемноголетнего значения (183,7 мм). Это свидетельствует о более влажных условиях в исследуемый период по сравнению с многолетней нормой. Самые высокие среднемесячные показатели осадков зафиксированы в марте (51,7 мм) и мае (48 мм). В июне и августе выпало менее 1 мм

осадков соответственно. Самое большое положительное отклонение наблюдалось в мае (36 мм), тогда как наибольшее отрицательное отклонение зафиксировано в феврале (-16,8 мм), когда осадков выпало значительно меньше нормы. В целом, отмечается высокий уровень осадков в межсезонье и весной, тогда как летние месяцы остаются засушливыми.



Рисунок 3 – Среднесуточная температура воздуха (°C) за период октябрь 2023 г. - октябрь 2024 г. в районе проведения полевых опытов (данные метеостанции г. Арыс)

Средняя температура за учетный период составила 14,8°C, что на 2,8°C выше средней многолетней нормы (12,0°C). Это указывает на общую тенденцию к потеплению в течение периода. Самые высокие средние месячные температуры зафиксированы в июне (29,2°C), июле (29,8°C) и августе (27,0°C), что превышает многолетние нормы на 1,2–2,7°C (рисунок 3).

Таким образом, осенне-весенний период оказался более влажным, что положительно сказалось на росте и развитии кукурузы на зерно. К тому же, если учесть традиционное использование промывных поливов в зимне-ранневесенний периоды в регионе, где почвы в той или иной степени засолены, запасы влаги в предпосевной период были достаточны для получения дружных всходов растений и полноценного роста и развития до возобновления летних поливов.

Шаульдерский массив, представляет собой зону с аридным и полуаридным климатом, где преобладающим типом засоления почв являются хлоридно-сульфатный и сульфатно-хлоридный. Здесь засоление почв обусловлено несколькими основными факторами. При близком расположении грунтовых вод к поверхности происходит капиллярный подъем солей, что приводит к

их накоплению в верхних слоях почвы. Высокая температура и низкая влажность воздуха способствуют активному испарению, из-за чего соли остаются в поверхностных слоях почвы, образуя так называемую соляную корку. Использование минерализованной воды для полива и недостаточная мелиоративная обработка приводят к вторичному засолению.

Одним из эффективных приемов снижения засоленных почв, используемых в регионе, является регулярное их выщелачивание путем промывания в осенне-ранневесенний период. Вода при промывке вымывает растворимые соли, такие как хлориды и сульфаты вниз по профилю, что эффективно при хорошей почвенной проницаемости. При неправильной промывке или высоком уровне грунтовых вод соли могут вернуться к поверхности, вызывая вторичное засоление. Кроме того, обильные осенне-весенние осадки усиливают инфильтрацию воды и вымывание солей в нижние горизонты.

Почва опытного участка представлена светлым сероземом с содержанием солей в пахотном и подпахотном слоях 0,3–0,5%. Основные характеристики светлого серозема почвы под кукурузой в КХ «Сарқырама» приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Основные агрохимические характеристики светлого серозема под кукурузой, КХ «Сарқырама», Отырарский район, Туркестанская область, весна 2024 г.

Слой почвы, см	Общий гумус, %	Легкогидролизуемый азот, мг/кг	Подвижный фосфор, мг/кг	Обменный калий, мг/кг	pH	CO ₂ , %	Сумма солей, %
0-25	0,83	33,6	18,0	440,0	8,94	11,13	0,281
25-50	0,58	30,8	4,0	370,0	8,51	11,06	0,499

Пахотный слой почвы под кукурузой отличается небольшим содержанием гумуса – 0,83%, низким содержанием гидролизуемого азота – 33,6 мг/кг, низким - подвижного фосфора – 18 мг/кг,

высоким – обменного калия – 440,0 мг/кг. Щелочность почвы высокая – pH=8,94. Распределение суммы солей в изучаемых слоях почвы имеет тенденцию к увеличению, составляя 0,281% в верх-

нем слое и 0,499% в нижнем. Вероятно, в результате промывных поливов значительная часть растворимых солей переместилась в нижние горизонты, однако их содержание остается высоким в подпахотном слое на глубине 25–50 см.

Полевые опыты под кукурузой были заложены по неполной факториальной схеме, представляющую 1/9 (6×6×6), с 24 вариантами в двух повторностях и в 4-х блоках для нивелирования пестроты участка. Площадь опытной делянки - 50 м².

Дозы удобрений для удобства обработки были закодированы: одинарные дозы по азоту 40 кг/га, по фосфору и калию – по 30 кг/га. Комбинации доз и соотношении удобрений позволяют использовать метод статистической обработки для опытов с неполными факториальными схемами и проверить статистическую значимость факторов и их вклад в изменение результирующего показателя с помощью коэффициентов детерминации (R^2) и критериев, таких как критерий Фишера, для оценки качества модели [11-13].

Для посева кукурузы (15.05.2024 г.) использовали гибрид - Гладиус F1 - ФАО 700 (Syngenta, Italia), предназначенный для зон с высоким температурным режимом. Растения имеют хорошо развитый стебель с полупрямостоящими листьями. Початки с глубокой насадкой крупных зерен. Гибрид не обладает избирательностью к почве, срок вегетации составляет 130-135 дней.

Агротехника возделывания культуры в опыте принятая в регионе.

Перед закладкой полевых опытов, а также в основные фазы вегетации растений были проведены отборы почвенных проб и выполнены агрохимические анализы для определения содержания основных питательных элементов и уровня засоления в пахотном и подпахотном горизонтах. В качестве удобрений использовали аммиачную

селитру (34 %), аммофос (12-52 %) и сульфат калия (51 %), которые вносили однократно перед посевом культуры над предпосевную культивацию.

В основные фазы роста и развития растений кукурузы проведены биометрические учеты с отбором растительных образцов для изучения динамики ростовых параметров в зависимости от различных видов и доз минеральных удобрений [14].

Аналитические работы с отобранными почвенными образцами были выполнены по общепринятым методикам и ГОСТам.

Биометрические исследования по фазам развития растений проводили по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [15].

Экономическая эффективность изучаемых вариантов удобрений определялась с учетом фактических технологических затрат и стоимости использованных средств.

Статистическая обработка полученных данных проведена методом дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов с использованием программного приложения Excell на персональном компьютере.

В современных условиях развития системы земледелия и растениеводства возникает потребность в прогнозе урожайности культур, соответственно оценки продукционных показателей в ходе формирования конечного урожая. Существует множество подходов к оценке продуктивности культур [16-18].

Полевые опыты с традиционно малым количеством вариантов не могут обеспечить сбор необходимой информации для определения действия разных видов удобрений, мелиорантов и других независимых факторов, их взаимодействия. Использование неполных факториальных схем позволяет при широкой амплитуде доз минеральных удобрений с использованием математических

методов установить закономерности их действия и взаимодействия [19, 20].

Для установления количественной зависимости урожая культур от действия удобрений и их сочетаний исследователи в основном использовали модель с половинными и целыми степенями, а для описания парных взаимодействий изучаемых в опыте факторов – с половинными степенями [21]. Имея опыт планирования и проведения факториальных полевых исследований [22], нами в настоящих исследованиях были оценены различные регрессионные уравнения, наиболее точно описывающие продукционные процессы при формировании урожая кукурузы в зависимости от удобрений в условиях засоленных светлых сероземов.

Составление регрессионного уравнения осуществлялось по программному приложению Excell, позволяющему вести последовательную оценку и исключение незначимых коэффициентов регрессии ($P < 0,05$). Согласованность теоретических и фактических данных оценивалась с использованием коэффициента детерминации (R^2).

Действия и взаимодействия изучаемых факторов были представлены половинной моделью в виде уравнения регрессии:

$$Y = a_0 + a_1N + a_2P + a_3K + a_4N^{0,5} + a_5P^{0,5} + a_6K^{0,5} + a_7(NP)^{0,5} + a_8(NK)^{0,5} + a_9(PK)^{0,5} \quad (1),$$

где:

Y – результирующий (зависимый) фактор;

a_0 – свободный член, отражающий величину результирующего фактора без внесения минеральных удобрений; $a_1, a_2, a_3, \dots a_n$ – регрессионные коэффи-

циенты, отражающие действие и взаимодействие факторов;

N, P и K – изучаемые в опыте факторы (N – азотные, P – фосфорные и K – калийные удобрения, кг/га).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Накопление сырой надземной биомассы кукурузы — важный показатель, отражающий интенсивность роста растений и эффективность фотосинтетической деятельности в течение всего вегетационного периода. Этот показатель напрямую связан с потенциальной урожайностью и зависит от многих факторов, включая уровень минерального питания, качество почвы, климатические условия и агротехнические мероприятия. Формирование сырой биомассы происходит наиболее активно в фазе цветения и достигает максимума в фазе созревания, когда растение накапливает наибольшее количество органического вещества. Оптимизация условий роста, таких как сбалансированное внесение азота, фосфора и калия, способствует улучшению структуры и общего состояния растения, что в конечном итоге повышает накопление биомассы [23]. Анализ рисунка 4 показывает, что на засоленном светлом сероземе накопление биомассы кукурузы увеличивается с повышением доз удобрений, особенно азотных и фосфорных. Азот оказывает наиболее значительное влияние на прирост биомассы, особенно в сочетании с фосфором и калием. Например, при внесении N200 в комбинации с высокими дозами фосфора и калия (вариант 24) наблюдается максимальное накопление биомассы на обоих этапах вегетации.

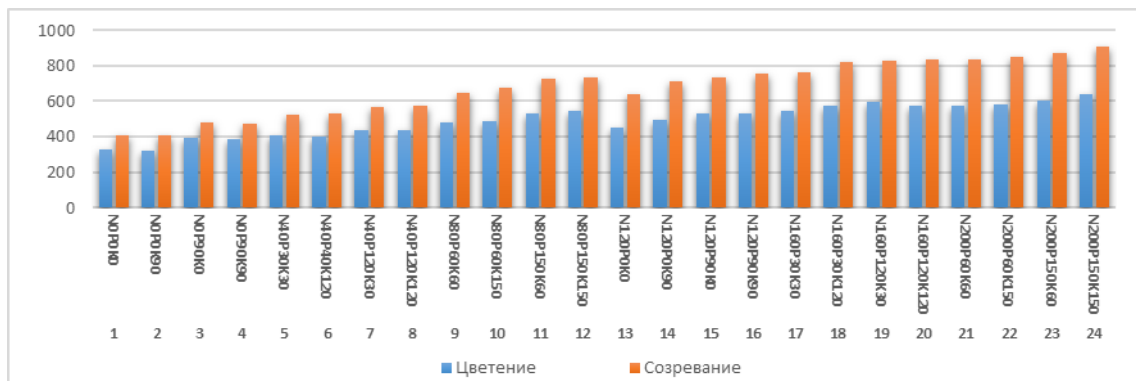


Рисунок 4 - Динамика накопления сырой надземной биомассы кукурузы на засоленном светлом сероземе в зависимости от удобрений, г/растение, КХ «Сарқырама», Отырарский район, Туркестанская область, 2024 г.

Фосфор также оказывает значительное влияние на накопление биомассы, особенно в сочетании с высокими дозами азота. Сравнение вариантов 1 (N0P0K0) и 4 (N0P90K90) показывает, что фосфор без азота способствует умеренному увеличению биомассы — с 328 до 388 г/растение в фазе цветения. Калий оказывает менее выраженное, но положительное влияние на накопление биомассы. Варьирование его доз, особенно при высоких уровнях азота и фосфора, способствует дополнительному увеличению биомассы в фазе созревания.

Таким образом, эффективное накопление биомассы кукурузы достигается при максимальных дозах азота и оптимальном сочетании с фосфором и калием, что особенно важно для оптимизации урожайности на засоленных землях.

Накопление сырой надземной биомассы кукурузы на засоленном светлом сероземе в разные фазы развития в зависимости от удобрений также достаточно точно описывается уравнениями множественной регрессии (1 и 2).

Сырая надземная масса растений в фазе цветения, г/раст.:

$$Y = 331,67 + 0,701N + 6,132N^{0,5} + 0,518P; R^2=0,963 \quad (1)$$

Коэффициент детерминации $R^2=0,963$ в модели (1) указывает, что удобрения обеспечивают 96,3% вариации биомассы на этой стадии. Азот оказывает положительное влияние как через линейную составляющую, так и через квадратную корневую, на увеличение биомассы. Фосфор также оказывает положительное, хотя и более слабое линейное влияние, что свидетельствует о его поддерживающей роли в росте биомассы на стадии цветения.

Сырая надземная масса растений в фазе созревания, г/раст.:

$$Y = 409,24 + 1,134N + 0,578P + 10,205N^{0,5} + 0,315(NK)^{0,5}; R^2=0,979 \quad (2)$$

Коэффициент детерминации $R^2=0,979$, указывает на то, что удобрения ответственны за 97,9% изменчивости биомассы. Согласно данной модели азот продолжает играть ключевую роль, фосфор также оказывает положительное влияние, а сочетание азота с калием подтверждает важность этого взаимодействия для оптимального накопления биомассы на завершающей стадии развития кукурузы.

Таким образом, полученные данные демонстрируют, как дозы удобрений влияют на накопление сырой надземной биомассы кукурузы в условиях засоленного светлого серозема в раз-

личные фазы развития растения кукурузы. Уравнения множественной регрессии позволяют более точно оценить вклад удобрений в накопление биомассы. Азот является основным фактором, определяющим накопление биомассы кукурузы, как на стадии цветения, так и на стадии созревания. Фосфор оказывает положительное, но менее выраженное влияние на накопление биомассы в период цветения-созревания кукурузы. В условиях засоленных почв важным фактором для роста и развития растений является взаимодействие азота и калия. Разработанные модели позволяют точно прогнозировать накопление биомассы кукурузы в условиях засоленного светлого серозема.

Изменение условий минерального питания в конечном итоге существенно повлияло на урожайность и структуру урожая кукурузы (таблица 2).

Урожайность зерна в варианте без удобрений (вариант 1) составляет 6,3 т/га. Максимальная урожайность в опыте (13,0 т/га) достигается при внесении дозы N200P150K150 (вариант 24), что показывает позитивное влияние высоких доз азота, фосфора и калия даже в условиях значительного засоления. Урожайность возрастает с увеличением доз удобрений, особенно при добавлении фосфора и калия в сочетании с азотом.

Длина початка кукурузы увеличивается с ростом доз удобрений, достигая максимума в 23,9 см (вариант 24). Это указывает на благоприятное влияние удобрений на развитие початка. Ширина початка колеблется от 3,4 см (вариант 9) до 5,5 см (вариант 7).

Наибольшая ширина наблюдается при умеренных дозах азота, фосфора, калия, и это подтверждает, что при оптимальных дозах удобрений улучшаются структурные показатели початка. Максимальное количество зерен в початке кукурузы (633 шт.) отмечается при дозе N80P150K150 (вариант 12). Это свидетельствует о том, что удобрения стимулируют зернообразование, хотя влияние засоления все же ограничивает развитие початка.

Масса 1000 зерен кукурузы варьируется от 303 г (без удобрений, вариант 1) до 427 г (вариант 24 с N200P150K150). Это показывает, что повышение доз удобрений на засоленном светлом сероземе также способствует увеличению массы зерен, что улучшает качество урожая.

Таким образом, на засоленных почвах применение удобрений положительно влияет на урожайность и структуру урожая кукурузы, несмотря на негативное влияние солей. Наилучшие показатели структурных элементов урожая и урожайности достигаются при высоких дозах удобрений N200P150K150. Это подтверждает, что кукуруза хорошо реагирует на минеральное питание даже в стрессовых условиях засоления.

Из структурных элементов урожая кукурузы на засоленных почвах только количество зерен в початке поддается описанию математической моделью. Остальные элементы структуры урожая не имеют достоверную зависимость от применяемых доз и соотношений минеральных удобрений, показав незначимый уровень ($F < 3,47$).

Таблица 2 - Урожайность и элементы структуры урожая кукурузы на засоленном светлом сероземе в зависимости от уровня минерального питания, КХ «Сарқырама», Отырарский район, Туркестанская область, 2024 г.

№ вариан-та	Дозы удобрений	Урожай зерна, т/га	Длина початка, см	Ширина початка, см	Количество зерен в початке, шт.	Масса 1000 зерен, г
1	N0P0K0	6,3	16,2	4,2	375	303
2	N0P0K90	6,2	22,5	5,0	350	327
3	N0P90K0	7,5	18,7	4,6	451	324
4	N0P90K90	7,5	17,9	4,4	426	346
5	N40P30K30	8,7	18,4	4,6	502	315
6	N40P40K120	7,9	21,6	4,8	436	347
7	N40P120K30	9,9	22,4	5,5	522	349
8	N40P120K120	9,7	17,7	3,8	518	343
9	N80P60K60	10,2	16,1	3,4	570	324
10	N80P60K150	10,2	19,2	4,7	550	350
11	N80P150K60	11,7	20,8	4,8	611	349
12	N80P150K150	11,4	18,4	4,2	633	341
13	N120P0K0	10,1	20,9	5,2	572	338
14	N120P0K90	9,9	17,2	4,3	596	336
15	N120P90K0	11,2	18,6	4,6	581	370
16	N120P90K90	11,0	21,3	5,3	625	336
17	N160P30K30	11,2	17,7	5,0	540	387
18	N160P30K120	10,3	18,0	4,5	550	363
19	N160P120K30	12,3	18,0	4,3	617	369
20	N160P120K120	11,4	21,2	5,1	590	387
21	N200P60K60	11,5	22,7	5,4	566	417
22	N200P60K150	11,4	15,7	4,2	550	405
23	N200P150K60	12,6	17,9	4,2	578	426
24	N200P150K150	13,0	23,9	5,2	593	427
НСР05		1,22				7,5

Зависимость количества зерен в початке от удобрений, шт.:

$$Y = 372,8 - 1,034N + 26,59N^{0,5} + 0,442P; R^2 = 0,849 \quad (3)$$

Полученная полиномиальная модель (3) указывает на положительное влияние фосфора и нелинейное положительное влияние азота, в то время как линейный член азота показывает отрицательное влияние. Отрицательный коэффициент при азоте означает, что при высоких дозах азота наблюдается снижение количества зерен, вероятно, из-за токсического эффекта засоления в сочетании с избытком азота. Фосфор оказывает положительное влияние на количество зерен даже

на засоленных почвах. Уравнение объясняет, что 85% изменчивости обусловлено действием азотных и фосфорных удобрений, что свидетельствует о хорошей прогнозирующей способности модели.

Зависимость урожая зерна кукурузы от удобрений, т/га:

$$Y = 6,2 + 0,35N^{0,5} + 0,015P - 0,004(NK)^{0,5}; R^2 = 0,979 \quad (4)$$

Установлено нелинейное положительное влияние азота, умеренное положительное влияние фосфора и негативный эффект от сочетания азота и калия при засолении на урожай зерна кукурузы. Высокое значение R^2 указывает на высокую точность модели

(98%) для оценки урожайности кукурузы в зависимости от минеральных удобрений на засоленной почве.

Таким образом, полученные уравнения подчеркивают, что в условиях засоления оптимальные дозы и соотношения удобрений играют критическую роль. На засоленных почвах азот и фосфор играют положительную роль в формировании зерна кукурузы, в то время как сочетание высоких доз азота с калием могут вызывать негативный эффект из-за осмотического стресса.

В таблице 3 представлена корреляционная матрица, которая показывает степень взаимосвязи между урожаем зерна и его структурными элементами, такими как длина и ширина початка, количество зерен в початке и масса 1000 зерен.

Анализ показывает, что между урожаем зерна и длиной початка есть сильная положительная связь ($r=0,728$), указывающая на то, что больший размер початка может способствовать повышению урожая. Урожай зерна и ширина початка также хорошо коррелируют ($r=0,687$), что также подтверждает важность ширины початка для урожайности. Получена сильная положительная связь между урожаем зерна и массой 1000 зерен ($r=0,865$), показывающая, что большее количество массы зерен также определяет более высокий урожай зерна с единицы площади. Очень высокая корреляция между длиной и шириной початка ($r=0,907$) указывает на характерную закономерность пропорционального увеличения длины початка с увеличением его ширины. Связь количества зерен в початке с одной стороны, и длины початка ($r=0,630$) и ширины початка ($r=0,592$), с другой, также умеренно тесная, что указывает на то, что размер початка может влиять на количество зерен, но не так значительно, как другие факторы. Наиболее значимые факторы, влияющие на урожай зерна, это количество зерен в початке и масса 1000 зерен с высокими коэффициентами корреляции, $r=0,948$ и $r=0,865$, соответственно.

лируют ($r=0,687$), что также подтверждает важность ширины початка для урожайности. Получена сильная положительная связь между урожаем зерна и массой 1000 зерен ($r=0,865$), показывающая, что большее количество массы зерен также определяет более высокий урожай зерна с единицы площади. Очень высокая корреляция между длиной и шириной початка ($r=0,907$) указывает на характерную закономерность пропорционального увеличения длины початка с увеличением его ширины. Связь количества зерен в початке с одной стороны, и длины початка ($r=0,630$) и ширины початка ($r=0,592$), с другой, также умеренно тесная, что указывает на то, что размер початка может влиять на количество зерен, но не так значительно, как другие факторы. Наиболее значимые факторы, влияющие на урожай зерна, это количество зерен в початке и масса 1000 зерен с высокими коэффициентами корреляции, $r=0,948$ и $r=0,865$, соответственно.

Таблица 3 - Корреляционная матрица зависимости урожая и его структурных элементов, 2024 г.

	Урожай зерна, т/га	Длина початка, см	Ширина початка, см	Количество зерен в початке, шт	Масса 1000 зерен, г
Урожай зерна, т/га	1,000				
Длина початка, см	0,728	1,000			
Ширина початка, см	0,687	0,907	1,000		
Количество зерен в початке, шт	0,948	0,630	0,592	1,000	
Масса 1000 зерен, г	0,865	0,688	0,673	0,736	1,000

Основные экономические показатели производства кукурузы на зерно включают затраты, валовой доход, условно чистый доход, себестоимость и рентабельность, что позволяет оценить эффективность каждого варианта удобрений (таблица 4).

Экономический анализ производства кукурузы на зерно при удобрении

на засоленном светлом сероземе показывает, что затраты варьировали от 323 тыс. тенге/га (вариант 1 без удобрений) до 699 тыс. тенге/га (вариант 24 с N200P150K150). Известно, что варианты с высокими дозами удобрений требуют больших затрат, что увеличивает себестоимость и снижает рентабельность. Валовой доход заметно

повышается с увеличением доз удобрений, достигая максимума в варианте 24 (N200P150K150) - 1167 тыс. тенге/га. Некоторые сравнительно умеренные дозы удобрений вариант 11 (N80P150K60) - 1052 тыс. тенге/га и вариант 19 (N160P120K30) - 1106 тыс. тенге/га, также показывают высокий валовой доход, что говорит об эффективности данных сочетаний удобрений.

Условно чистый доход, отражающий прибыльность после вычета затрат, показывает, что самые выгодные варианты - вариант 19 (N160P120K30) - 572 тыс. тенге/га, вариант 15 (N120P90K0) - 545 тыс. тенге/га и вариант 11 (N80P150K60) - 515 тыс. тенге/га. Минимальные значения условно чистого дохода наблюдаются у вариантов с минимальными или максимальными дозами удобрений: вариант 1 (N0P0K90) - 145 тыс. тенге/га и вариант 22 (N200P60K150) - 388 тыс. тенге/га, где расходы не компенсируются достаточным приростом дохода.

Себестоимость наименьшая у варианта 13 (N120P0K0 - 40 тг/кг) и варианта 16 (N120P90K0 - 41 тг/кг), что говорит о том, что данные нормы удобрений позволяют эффективно снижать затраты на производство 1 кг кукурузы. Высокая себестоимость (67 тг/кг) отмечена при варианте 2 (N0P0K90) и некоторых вариантах с высокими дозами удобрений, что снижает экономическую привлекательность. Рентабельность наиболее высокая при умеренных дозах удобрений: варианты 13 (N120P0K0) - 125% и 15 (N120P90K0) - 119%, что указывает на оптимальное соотношение затрат и прибыли. Низкая рентабельность отмечена у вариантов с несбалансированными дозами удобрений, таких как вариант 2 (N0P0K90) - 35%, вариант 4 (N0P90K90) - 43%, вариант 6 (N40P40K120) - 45% и вариант 8 (N40P120K120) - 61%, где высокие затраты существенно снижают рентабельность.

Таблица 4 - Экономические показатели производства кукурузы на зерно при применении удобрений на засоленном светлом сероземе, КХ «Сарқырама», Отырарский район, Туркестанская область, 2024 г.

№ варианта	Дозы удобрений	Всего затрат, тыс. тенге/га	Валовой доход, тыс. тенге/га	Условно-чистый доход, тыс. тенге/га	Себестоимость, тг/кг	Рентабельность, %
1	2	3	4	5	6	7
1	N0P0K0	323	567	244	51	76
2	N0P0K90	414	559	145	67	35
3	N0P90K0	382	675	293	51	77
4	N0P90K90	474	678	204	63	43
5	N40P30K30	401	782	380	46	95
6	N40P40K120	491	713	222	62	45
7	N40P120K30	461	890	430	47	93
8	N40P120K120	552	868	317	57	57
9	N80P60K60	477	921	443	47	93
10	N80P60K150	569	917	347	56	61
11	N80P150K60	537	1052	515	46	96
12	N80P150K150	628	1024	395	55	63
13	N120P0K0	401	901	501	40	125
14	N120P0K90	492	894	401	50	82
15	N120P90K0	460	1005	545	41	119
16	N120P90K90	551	989	438	50	80

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7
17	N160P30K30	475	1006	531	43	112
18	N160P30K120	564	925	360	55	64
19	N160P120K30	534	1106	572	43	107
20	N160P120K120	623	1030	406	54	65
21	N200P60K60	547	1034	486	48	89
22	N200P60K150	639	1027	388	56	61
23	N200P150K60	606	1136	530	48	87
24	N200P150K150	699	1167	468	54	67

Таким образом, наиболее экономически выгодными для условий засоленного светлого серозема при выращивании кукурузы на зерно являются варианты удобрений с умеренными дозами, (N120P90K0) и вариант 19 (N160P120K30), которые обеспечивают высокий валовой доход, низкую себестоимость и высокую рентабельность, соответственно, 1005 тыс. тг/га; 41 тг/кг; 119% и 1106 тыс. тг/га; 43 тг/кг и 107%. Меньшая эффективность отмечена при максимальных дозах удобрений N200P150K150, где увеличение затрат не компенсируется повышением валового дохода, а рентабельность снижается.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На засоленном светлом сероземе биомасса кукурузы увеличивается с увеличением доз удобрений, особенно азотных. На контрольном варианте (вариант 1) биомасса составляет 328 г в фазе цветения и 408 г в фазе созревания,

в то время как при максимальных дозах (вариант 24) достигает 641 г и 907 г, соответственно. Азот оказывает наибольшее влияние, особенно в сочетании с фосфором и калием. Модели регрессии с высоким коэффициентом детерминации ($R^2=0,963-0,979$) подтверждают важность азота и фосфора, однако взаимодействие азота с калием негативно сказывается на продуктивности. Урожайность в контрольном варианте составляет 6,3 т/га, а в варианте 24 - 13,0 т/га. Умеренные дозы удобрений (N120P90K0 и N160P120K30) обеспечивают оптимальный баланс урожайности и затрат с рентабельностью 119% и 107%. Таким образом, умеренные дозы удобрений более эффективны для повышения урожая кукурузы на засоленных почвах. Высокие коэффициенты детерминации указывают на надежность прогнозирования биомассы и урожайности кукурузы на зерно.

Исследования проведены в рамках научно-технической программы BR22885097 «Обеспечение рационального использования земель сельскохозяйственного назначения в интенсивном земледелии на основе новых подходов в сохранении и воспроизводстве плодородия почв» МСХ РК на 2024-2026 гг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://www.fao.org/faostat/ru/#data/QCL>, свободный.
2. Кочисов С.М. Значение производства кукурузы на зерно в мировом сельском хозяйстве // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2011. – № 4. – С. 86-88.

3. Кишев А.Ю., Ханиева И.М., Жеруков Т.Б., Шибзухов З.С. Применение новых гербицидов на посевах кукурузы на выщелоченных черноземах КБР// ФГБОУ ВО «Кабардино Балкарский ГАУ» статья в сборнике трудов конференции. - 2017. - С.77-79.
4. Юмагулов Г.Л., Бака В.А. Удобрение и урожай кукурузы// Кукуруза. – 1984. – №5. – С. 17-18.
5. Амиров Б.М., Құлымбет Қ.Қ., Сапаров Г.А., Сейтменбетова А.Т., Құрманакын О.С. Урожайность кукурузы при применении различных доз и форм азотных удобрений в Шаульдерском массиве орошения Туркестанской области//Почвоведение и агрохимия. – 2023. – №. 4. – С. 60-71.
6. Кайсанова Г.Б., Шахаров Р.Ж. Приемы повышения продуктивности кукурузы на засоленных почвах Южно-Казахстанской области// Почвоведение и агрохимия. – 2016. – № 3. – С. 20-29.
7. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://kazpravda.kz/n/sol-ne-pomeha-urozhayu> , свободный.
8. Пошанов М.Н., Кененбаев С.Б., Ибраева М.А., Вырахманова АС, Дуйсеков С.Н., Сулейменова А.И. Влияние степени засоления почв и применения биопрепарата на продуктивность кукурузы// Почвоведение и агрохимия. – 2021. - № 1. - С. 44-56.
9. Жихарева Г.А., Курмангалиев А.Б., Соколов С.С. Почвы Казахской ССР. Чимкентская область. – Выпуск 12. – Алма-Ата: Изд-во Наука КазССР, 1969. – 410 с.
10. Shokri, N., Hassani, A., & Sahimi, M. (2024). Multi-scale soil salinization dynamics from global to pore scale: A review. *Reviews of Geophysics*, 62(4), e2023RG000804.
11. Перегудов В.Н. Планирование многофакторных полевых опытов с удобрениями и математическая обработка их результатов. М.: Колос, 1978. - 184 с.
12. Перегудов В.Н., Иванова В.Н. К вопросу о главных эффектах и взаимодействии факторов в многофакторных опытах с удобрениями. Сообщение 1// Агрохимия. - 1979. - №9. - С. 110–118.
13. Цыгуткин А.С., Васбиева М.Т. Шишков Д.Г. Особенности постановки полевого опыта с минеральными удобрениями на основе неполной факториальной схемы 1/9(6×6×6)// Земледелие. - 2022. - №6. - С. 22–26.
14. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). - 5-е изд., доп. и перераб. - М.: Агропромиздат, 1985. - 351 с.
15. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск четвертый. Картофель, овощные и бахчевые культуры. - Москва, 2015. - 61 с.
16. Степура М. Ф. Использование методов математического моделирования при оптимизации систем удобрения моркови// Картофель и овощи. – 2013. – № 1. – С. 19–21.
17. Шаповалов Н. К. Математическое моделирование управления продукционным процессом на посевах сахарной свеклы// Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 2. – С. 29–31.
18. Вахонин Н. К. Моделирование урожаев в системе точного земледелия// Мелиорация. – 2015. – № 1 (73). – С. 131–136.
19. Лихацевич А. П. Математическая модель урожая сельскохозяйственных культур// Вес. Нац. акад. наук Беларус. Сер. аграр. наук. – 2021. – Т.59, №3. – С.304–318.
20. Иванова Т. И. Прогнозирование эффективности удобрений с использованием математических моделей. М.: Агропромиздат, 1989. - 235 с.
21. Перегудов В.Н., Иванова Т.И. Эффективность метода блоков в уточнении

данных полевых многофакторных опытов с удобрениями// Агрохимия. - 1980. - №2. - С. 135-140.

22. Амиров Б.М., Кулымбет К.К., Сейтменбетова А.Т., Сапаров Г.А., Тулепбергенова Г.Т., Махмаджанов С.П. Моделирование влияния удобрений на урожайность хлопчатника и качество хлопковолокна на засоленных почвах Южного Казахстана// Почвоведение и агрохимия. – 2024. - № 1. – С. 46-61.

23. Quan, H., Feng, H., Zhang, T., Wu, L., & Siddique, K. H. (2024). Response of soil water, temperature, and maize productivity to different irrigation practices in an arid region. *Soil and Tillage Research*, 237, 105962.

REFERENCES

1. [Electronic resource]: Rezhim dostupa: <https://www.fao.org/faostat/ru/#data/QCL>, svobodnyj.

2. Kochisov, S. M. The importance of corn production for grain in global agriculture// Economics, labor, management in agriculture. – 2011. – № 4. – S. 86-88.

3. Kishev A.Yu., Khanieva I.M., Zherukov T.B., Shibzukhov Z.S. Application of New Herbicides in Maize Crops on Leached Chernozems of KBR. – Proceedings of the Conference, FSBEI HE "Kabardino-Balkarian State Agrarian University". – 2017. – S. 77-79.

4. Yumagulov G.L., Baka V.A. Fertilization and Maize Yields// Maize. – 1984. – № 5. – S. 17-18.

5. Amirov B.M., Kulyumbet K.K., Saparov G.A., Seitmenbetova A.T., Kurmanakyn O.S. Maize Yield Under Different Rates and Forms of Nitrogen Fertilizers in the Shoulder Irrigation Area, Turkestan Region// Soil Science and Agrochemistry. – 2023. – № 4. – S. 60-71.

6. Kaysanova G.B., Shakharov R.Zh. Methods for Increasing Maize Productivity on Saline Soils in South Kazakhstan Region// Soil Science and Agrochemistry. – 2016. – S. 20-29.

7. [Electronic resource]: Rezhim dostupa: <https://kazpravda.kz/n/sol-ne-pomeha-urozhayu> Salt is Not an Obstacle to Yield, svobodnyj.

8. Poshanov M.N., Kenenbaev S.B., Ibraeva M.A., Vyrakhmanova A.S., Duisekov S.N., Suleimenova A.I. Impact of Soil Salinity and Bio-preparations on Maize Productivity// Soil Science and Agrochemistry. – 2021. – № 1. – S. 44-56.

9. Zhikhareva G.A., Kurmangaliev A.B., Sokolov S.S. Soils of the Kazakh SSR. Chimkent Region. – Vol. 12. – Alma-Ata: Nauka KazSSR Publishing House, 1969. – s. 410.

10. Shokri, N., Hassani, A., & Sahimi, M. (2024). Multi-scale soil salinization dynamics from global to pore scale: A review. *Reviews of Geophysics*, 62(4), e2023RG000804.

11. Peregudov V.N. Planning Multifactor Field Experiments with Fertilizers and Statistical Processing of Results. – Moscow: Kolos, 1978. – 184 s.

12. Peregudov V.N., Ivanova V.N. On Main Effects and Interactions of Factors in Multifactorial Fertilizer Experiments// Agrochemistry. – 1979. – № 9. – S. 110-118.

13. Tsygutkin A.S., Vasbieva M.T., Shishkov D.G. Features of Setting Up Field Experiments with Mineral Fertilizers Based on an Incomplete Factorial Scheme 1/9 (6×6×6)// Agriculture. – 2022. – № 6. – S. 22-26.

14. Dospekhov B.A. Methodology of Field Experimentation (Including Basics of Statistical Data Processing). – 5 ed. revised and supplemented. – Moscow: Agropromizdat, 1985. – 351 s.

15. Methodology of State Variety Testing of Agricultural Crops. Volume Four: Potato, Vegetables, and Melons. – Moscow, 2015. – 61 s.

16. Stepuro M.F. Use of Mathematical Modeling in Optimizing Carrot Fertilization Systems// Potato and Vegetables. – 2013. – № 1. – S. 19-21.

17. Shapovalov N.K. Mathematical Modeling of Crop Production Management in Sugar Beet Fields// Achievements in Science and Technology of Agro-Industrial Complex. – 2013. – № 2. – S. 29-31.
18. Vakhonin N.K. Yield Modeling in Precision Agriculture Systems// Land Reclamation. – 2015. – № 1 (73). – S. 131-136.
19. Likhachevich A.P. Mathematical Model of Agricultural Crop Yields// Bulletin of the National Academy of Sciences of Belarus. Agricultural Sciences Series. – 2021. – Vol. 59. № 3. – S. 304-318.
20. Ivanova T.I. Forecasting Fertilizer Efficiency Using Mathematical Models. – М.: Agropromizdat, 1989. – 235 s.
21. Peregodov V.N., Ivanova T.I. Effectiveness of the Block Method in Refining Data from Multifactor Field Experiments with Fertilizers// Agrochemistry. – 1980. – № 2. – S. 135-140.
22. Amirov B.M., Kulyumbet K.K., Seitmenbetova A.T., Saparov G.A., Tulepbergenova G.T., Makhmadzhanov S.P. Modeling the Effect of Fertilizers on Cotton Yield and Fiber Quality on Saline Soils in Southern Kazakhstan// Soil Science and Agrochemistry. – 2024. – № 1. – S. 46-61.
23. Quan, H., Feng, H., Zhang, T., Wu, L., & Siddique, K. H. (2024). Response of soil water, temperature, and maize productivity to different irrigation practices in an arid region. Soil and Tillage Research, 237, 105962.

ТҮЙІН

Б.М. Амиров^{1*}, С.О. Базарбаев^{1*}, О. Жандыбаев¹, О.С. Құрманәкын¹
ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАННЫҢ ТҰЗДАНҒАН АШЫҚ СҰР ТОПЫРАҒЫНДА МИНЕРАЛДЫ
ТЫҢАЙТҚЫШТАРДЫҢ МӨЛШЕРІ МЕН ҚАТЫНАСЫНА БАЙЛАНЫСТЫ ДӘНДІК
ЖҮГЕРІНІҢ ӨНІМДІЛІГІН МОДЕЛЬДЕУ

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

e-mail: bak.amirov@gmail.com, sultan-13_01@mail.ru

Мақалада Түркістан облысындағы Шәуілдір массивінің ескісуармалы тұзданған ашық сұр топырағында дәндік жүгеріге минералды тыңайтқыштардың әртүрлі дозалары мен қатынастарын зерттеу, өсімдіктердің минералды қоректенуін оңтайландыру және биомассаның қалыптасуын модельдеу нәтижелері ұсынылған. Шикізат биомассасының жинақталу динамикасы мен өнімділіктің қалыптасуына, сондай-ақ тұзданған ашық сұр топырақтарда дәндік жүгеріге тыңайтқыштарды (азот, фосфор, калий) қолданудың экономикалық тиімділігіне талдаулар жасалынды. Зерттеулер көпфакторлы далалық тәжірибелердің қадамдық регрессиондық талдау әдістеріне негізделді. Нәтижелер көрсеткендей, тұзданған ашық сұр топырақта жүгері биомассасы тыңайтқыш дозасы артқан сайын, әсіресе азот тыңайтқыштарының әсерінен көбейеді. Тыңайтқышсыз нұсқада бір өсімдіктің биомассасы гүлдену және пісу фазаларында тиісінше 328 және 408 г құрады, ал ең жоғарғы N200P150K150 дозасында сәйкесінше 641 және 907 г-ға жетті. Гүлдену фазасында детерминация коэффициенті жоғары ($R^2=0,963$) регрессия теңдеуімен көрсетілгендей, азот пен фосфордың оң әсері байқалады, әсіресе біріншісі ең көп әсер етеді, ал калийдің әсері дәлелденбеді ($P>0,05$). Пісу кезеңіндегі нәтижелерді өңдеуден де жоғары детерминация коэффициентімен ($R^2=0,979$) көп реттік регрессия үлгісін алуға мүмкіндік берді, бұл тыңайтқыштардың биомассаның өзгергіштігінің 98%-ына жауап беретінін растайды, мұнда барлық үш қоректік элементтер біржақты әрекетте және азот калиймен әрекеттесуде оң әсер етті. Дәндік жүгері өнімділігінің тәуелділігін жоғары дәлдікпен сипаттайтын регрессия теңдеуі ($R^2=0,979$) азот пен фосфордың жетекші оң ролін көрсетті, бірақ азоттың калиймен әрекеттесуі өнімділікке теріс әсер етті. Тыңайтқышсыз нұсқада өнім 6,3 т/га құрады, ал N200P150K150 дозасы бар нұсқада - 13,0 т/га, ал масақ ұзындығы 16,2 және 23,9 см, ені 4,2 және 5,2 см, жүгері собығындағы дәндер

саны 375 және 593 дана, 1000 дәннің салмағы тиісінше 303 және 427 г құрады. Детерминацияның жеткілікті жоғары коэффициенті ($R^2=0,849$) бар регрессиялық модель фосфор тыңайтқышының дәннің түзілуін ынталандыратынын, ал артық азот топырақтың тұздануының токсикалық әсерінің фонында оны азайтатынын көрсетеді. Экономикалық тұрғыдан ең тиімдісі тыңайтқыштардың орташа дозалары - N120P90K0 және N160P120K30, олар сәйкесінше 119 және 107% рентабельділікпен өнім мен шығындардың тепе-теңдігін қамтамасыз етті. N200P150K150 дозасын қолдану кезінде алынатын ең жоғары табыс (1167 мың теңге/га) жоғары шығындармен (699 мың теңге/га) қатар жүреді. Осылайша, тыңайтқыштың орташа дозалары тұзды топырақтарда жүгері өнімділігін арттыруда тиімдірек.

Түйінді сөздер: жүгері, дән, тұзды топырақ, құнарлылық, модельдеу, өнімділік, тыңайтқыш, қоректік заттар.

SUMMARY

B.M. Amirov^{1*}, S.O. Bazarbaev^{1*}, O. Zhandybaev¹, O.S. Kurmanakyn¹

MODELING MAIZE GRAIN YIELD DEPENDING ON RATES AND RATIOS OF MINERAL FERTILIZERS ON SALINE SEROZEMS OF SOUTHERN KAZAKHSTAN

*U.U. Usmanov Kazakh Research Institute of Soil Science and Agrochemistry,
050060, Almaty, al-Farabi Avenue, 75 B, Kazakhstan*

e-mail: bak.amirov@gmail.com; sultan-13_01@mail.ru

The article presents the results of a study of various doses and ratios of mineral fertilizers on old-irrigated saline gray soils of the Shoulder massif in the Turkestan region on corn grown for grain, to optimize the mineral nutrition of plants and model the formation of biomass and yield. An analysis was made of the dynamics of accumulation of raw biomass and the formation of yield, as well as the economic efficiency of using fertilizers (nitrogen, phosphorus, potassium) for corn grain on saline gray soils. The study was based on the principles of multivariate field experiments using stepwise regression analysis. Studies have shown that on saline gray soil, the biomass of corn increases with increasing doses of fertilizers, especially nitrogen. Without fertilizers, the biomass of one plant is 328 and 408 g in the flowering and ripening phases, and with maximum doses of N200P150K150, it reached 641 and 907 g, respectively. In the flowering phase, as shown by the regression equation with a high coefficient of determination ($R^2=0.963$), there is a positive effect of nitrogen and phosphorus, with the former having the greatest effect, and the effect of potassium was insignificant ($P>0.05$). Processing the results for the ripening period made it possible to obtain a multiple regression model with a high coefficient of determination ($R^2=0.979$), confirming that fertilizers are responsible for 98% of the variability of biomass in the ripening phase, where all three nutrients in unilateral action and nitrogen in interactions with potassium have a positive effect influence. The regression equation describing the dependence of corn grain yield with high accuracy ($R^2=0.979$) indicates the leading positive role of nitrogen and phosphorus, but the interaction of nitrogen with potassium had a negative effect on productivity. The yield in the variant without fertilizers is 6.3 t/ha, and in the variant with doses of N200P150K150 - 13.0 t/ha, while the cob length is 16.2 and 23.9 cm, width is 4.2 and 5.2 cm, the number of grains in the cob is 375 and 593 pieces, the weight of 1000 grains is 303 and 427 g, respectively. A regression model with a high coefficient of determination ($R^2=0.849$) shows that phosphorus stimulates grain formation, and excess nitrogen can reduce it against the background of the toxic effect of soil salinity. The most economically beneficial are moderate doses of fertilizers - N120P90K0 and N160P120K30, which provide a balance of yield and costs with a profitability of 119 and 107%, respectively. The maximum income (1167 thousand tenge/ha) obtained when applying doses of N200P150K150 is accompanied by high costs (699 thousand tenge/ha). Thus, moderate doses of fertilizer are more effective in increasing corn yield on saline soils.

Keywords: corn, grain, saline soil, fertility, modeling, yield, fertilizer, nutrients.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. Амиров Бахытбек Мустафаулы - заведующий отделом агрохимии, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, e-mail: bak.amirov@gmail.com
2. Базарбаев Султан Оразбаевич - младший научный сотрудник отдела агрохимии, PhD, e-mail: sultan-13_01@mail.ru
3. Жандыбаев Оркен - младший научный сотрудник отдела агрохимии, PhD докторант, e-mail: mr.orken@yandex.kz
4. Құрманәкын Олжас Серікұлы – инженер-аналитик отдела агрохимии, e-mail: k.oljas.s@mail.ru

ГРНТИ 68.33.29

DOI: 10.51886/1999-740X_2025_1_73

Т.К. Василина^{1*}, Е.С. Абилдаев¹, А.А. Жаппарова¹, А.Н. Жамангараева¹,
Ш.Н. Абдухаимова¹

**ВЛИЯНИЕ ЦЕОЛИТА И УДОБРЕНИЙ НА РОСТ, УРОЖАЙНОСТЬ
И КАЧЕСТВО ТОМАТА (*SOLANUM LYCOPERSICUM*)**

¹НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет»,
050010, Алматы, проспект Абая 8, Казахстан, *e-mail: v_tursunai@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследований влияния цеолита мелкой фракции Шанканайского месторождения на урожайность и качество плодов томата сорта «Самаладай», при возделывании на темно-каштановой почве юго-востока Казахстана в 2023–2024 гг. Установлено, что применение цеолита способствует повышению урожайности, улучшению качества продукции и повышению рентабельности. Урожайность томата составила на контроле (без удобрений) 22,3 т/га, на вариантах с внесением цеолита и удобрений увеличилась. Максимальная прибавка урожая 6,7 т/га была достигнута при применении 2 т цеолита с N₉₀P₉₀K₉₀. Увеличение доз удобрений повышало содержание сухого вещества в плодах томата с 4,93% на контрольном варианте до 5,46% при применении цеолита и двойной дозы минеральных удобрений, незначительно повышалось содержание сахара. Минеральные удобрения увеличивают содержание нитратов в плодах томата, варьируя от 61 до 78 мг/кг по сравнению с контролем (68 мг/кг), тогда как внесение цеолита снижает уровень нитратов на 7 мг/кг относительно контроля. Содержание подвижных форм тяжелых металлов (Zn, Cu, Cd, Pb) в слое почвы 0–20 см под посевом томата на контроле составляет 2,50; 0,70; 1,20; 0,40 мг/кг соответственно. Применение цеолита способствует снижению их содержания благодаря его способности связывать тяжелые металлы и уменьшать их доступность для растений. Анализ показал, что применение цеолита при выращивании томатов на темно-каштановых почвах увеличивает урожайность на 3,1 т/га и обеспечивает рентабельность 64% благодаря низким затратам, тогда как сочетание цеолита с минеральными удобрениями повышает урожайность на 5,7–6,7 т/га, но снижает рентабельность до 42%.

Ключевые слова: цеолит, удобрения, томат, урожай, качество, нитраты, почва, микроэлементы.

ВВЕДЕНИЕ

Овощеводство играет ключевую роль в сельском хозяйстве Казахстана, обеспечивая население свежей продукцией, а также сырьём для переработки и экспорта. В Казахстане выращивается разнообразие овощных культур, среди которых томаты занимают особое место [1–3].

Согласно данным на 2022 год, в Казахстане под выращивание томатов отведено около 30 тысяч гектаров, с урожайностью примерно 750 центнеров с гектара. В 2023 году урожайность помидоров открытого грунта в хозяйствах всех категорий Казахстана составила 274,3 ц/га убранный площади, что

на 3,8% (на 10,1 ц/га) больше, чем в 2022 году [4].

Применение цеолита в сочетании с удобрениями оказывает положительное влияние на рост, урожайность и качество овощных культур [5, 6]. Благодаря своим уникальным свойствам, цеолит улучшает структуру почвы, способствует развитию корневой системы и повышает устойчивость растений к неблагоприятным условиям [7–9].

Исследования показали, что внесение цеолита в почву в количестве 15 кг/м² увеличивает урожайность томатов на 12,1–19,3% [10–12]. По результатам опытов было установлено, что внесение цеолита в дозах 5, 10 и 15 кг/м²

повышает урожайность различных сортов томатов по сравнению с контролем. Внесение цеолита в субстраты для выращивания рассады томатов положительно влияет на рост и развитие растений, увеличивая их биомассу и улучшая общее состояние рассады [13].

Применение цеолита способствует развитию корневой системы, ускоряет рост и развитие растений, повышает устойчивость к болезням и неблагоприятным факторам окружающей среды [14, 15].

Использование цеолита в почвенных смесях способствует повышению содержания питательных веществ в плодах томатов и снижению накопления токсичных элементов, что улучшает качество продукции [16, 17].

Таким образом, интеграция цеолита с удобрениями является эффективным агротехническим приёмом, улучшающим агрохимические свойства почвы и способствующим повышению продуктивности и качества томатов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Полевые опыты закладывались в 3-х кратной повторности в условиях 4-польного интенсивного овощного севооборота на орошаемой темно-каштановой почве на стационаре Казахского научно-исследовательского института картофелеводства и овощеводства. Почва участка характеризуется щелочной реакцией ($pH=8,36$), содержанием гумуса - 2,27%, общего азота - 0,098%, фосфора - 0,225% и калия - 2,4% в пахотном слое.

Чередование культур в 4-польном интенсивном овощном севообороте: 1. Капуста белокочанная (поздняя). 2. Свекла столовая. 3. Огурец. 4. Томат. Севооборот развернут во времени и в пространстве. Площадь делянок – 63 м² (4,2 x 15).

В динамике по фазам развития растений определяли: сухое вещество -

весовым методом (ГОСТ 28561-90); общий сахар - по Бертрону (ГОСТ 13192-73); витамин С - по Мурри (ГОСТ 24556-89); нитраты потенциометрически 1%-м раствором дифениламина (ГОСТ 29270-95); тяжелые металлы в почве методом атомной абсорбции на спектрофотометре (ГОСТ 30178-96).

Климат юго-восточного предгорного района Казахстана (Алматинская область) резко континентальный. Средняя температура июля составляет 24-26°C, января - 8-12°C. Сумма положительных температур колеблется от 3450 до 3750°C, активных - от 3100 до 3400°C. Годовое количество осадков варьируется в пределах 350-600 мм, из которых 120-300 мм выпадает в вегетационный период.

Объектом исследования был районированный сорт томата «Самаладай». В работе использовался цеолит типа клиноптилолит из месторождения Шанканай (Казахстан) с содержанием клиноптилолита 75-77% и минеральные удобрения, характерные для интенсивного овощного севооборота: аммиачная селитра (34% д.в.), аммофос (N 12%, P 52%) и сульфат калия (50%). Химический состав цеолита включает (%): SiO₂ - 68,6; Al₂O₃ - 18,5; CaO - 8,6; MgO - 2,2; Na₂O - 1,5.

Схема внесения удобрений:

1. Контроль (без удобрений).
2. Цеолит 2 т/га.
3. N₄₅P₄₅K₄₅ (N₁P₁K₁).
4. N₉₀P₉₀K₉₀ (N₂P₂K₂).
5. Цеолит 2 т/га + N₄₅P₄₅K₄₅.
6. Цеолит 2 т/га + N₉₀P₉₀K₉₀.

Агротехника соответствовала общепринятой в регионах методике. Цеолит был измельчен до фракции менее 100 нм в планетарной шаровой мельнице и внесен вручную осенью 2022 года под перепахку согласно схеме опыта. Уборка культур проводилась вручную. Экспериментальные данные

обрабатывались методиками с использованием Microsoft Office Excel 2010 и Б. А. Доспехова [18].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Общая динамика накопления сухой массы в томате отражает баланс между процессами роста, накопления питательных веществ и созревания. Это важный аспект в управлении культурой

и может быть использован для оптимизации агротехнических мероприятий, таких как подкормка, полив и обработка почвы. Это положение подтверждается и нашими исследованиями (рисунок 1). Динамика накопления сухой массы в томате может варьироваться в зависимости от фазы ее развития.

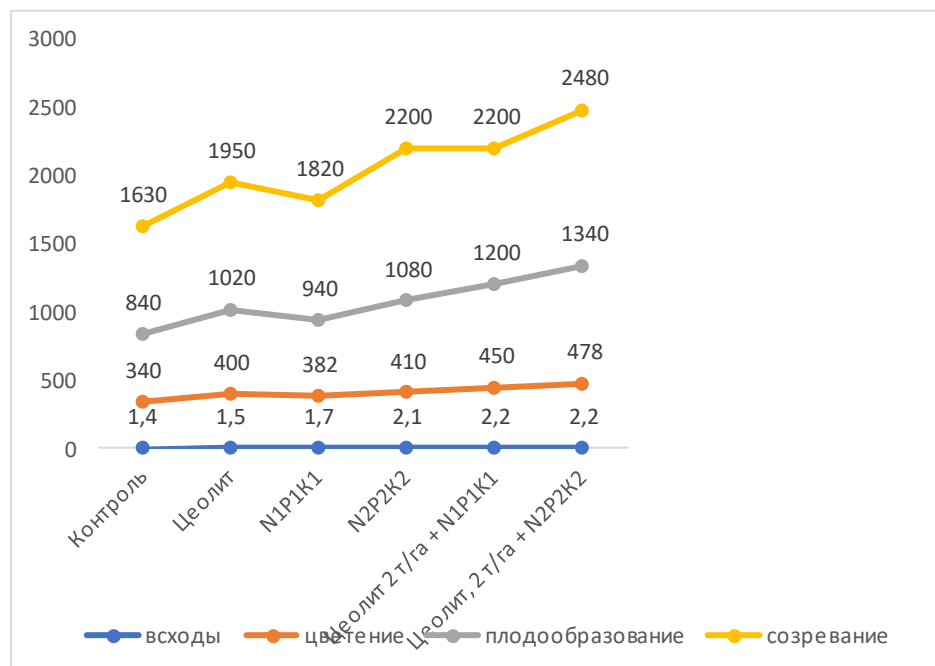


Рисунок 1 - Накопление абсолютно сухой массы растений томата в зависимости от применения цеолита и удобрений, г/1раст. (среднее за 2023-2024 гг.)

Определение сухой биомассы изучаемой культуры показало, что величина ее существенно повышается при внесении удобрений.

Из рисунка 1 видно, что томат по накоплению биомассы сильно реагирует на внесение цеолита. В период всходов значения сухой массы растений сильно не отличались. В период спелости максимальное количество сухой биомассы обеспечивал Цеолит 2 т/га + N₉₀P₉₀K₉₀.

Одним из основных условий получения высокого урожая стандартных овощных культур является обеспечение ее питательными веществами в течение всего периода вегетации. Уменьшение нормы внесения удобрений в почву приводит к снижению урожайности, а чрезмерное увеличение их количества может давать прибавку урожая, не окупающую затраты на удобрения. Поэтому вопросам выявления и создания новых дешевых нетрадиционных

видов удобрений отводится важная роль не только в повышении продуктивности культур, но и в сохранении благоприятной экологической обстановки в регионе.

Одним из таких видов удобрений являются удобрения с природными цеолитами. Использование природных цеолитов дает положительные результаты на продуктивность сельскохозяйственных культур почти во всех почвах с последствием в течение 5 лет и более [8].

Весна 2023 года была довольно холодной, что послужило причиной позднего посева овощных культур. 2024 год был относительно благоприятным как по распределению осадков, так и температуре воздуха и почвы в период вегетации изучаемой культуры. Урожайные данные по томату приведены в таблице 1.

Они показывают, что внесение как цеолита, так и минеральных удобрений дало положительный эффект на величину урожайности.

Таблица 1 – Урожайность томата в зависимости от применения удобрений, т/га

Вариант	2023 г.		2024 г.		Среднее за 2023-2024гг.	
	урожай, т/га	прибавка урожая, т/га	урожай, т/га	прибавка урожая, т/га	урожай, т/га	прибавка урожая, т/га
Контроль	21,7	-	22,8	-	22,3	-
Цеолит	24,8	3,1	25,9	3,1	25,4	3,1
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	23,7	2,0	24,8	2	24,3	2,0
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	26,4	4,7	27,5	4,7	27,0	4,3
Цеолит 2 т/га + N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	27,9	6,2	28	5,2	28,0	5,7
Цеолит 2 т/га + N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	29,1	7,4	28,8	6	29,0	6,7
НСР _{0,5} , т/га	2,12		3,7			

Под влиянием цеолита и удобрений урожайность томата увеличилась на 3,1-6,7 т/га, на контроле составила 22,3 т/га. Совместное внесение цеолита и минеральных удобрений высокоэффективно, повышает сбор урожая до 6,7 т. Применение цеолита с удобрениями значительно увеличивало урожайность томата, как в 2023 году, так и в 2024 году, показывая наибольшую прибавку урожая среди всех вариантов. Цеолиты улучшают агрофизические и агрохимические свойства почвы, именно благодаря своей ионообменной способности, нейтрализуют кислот-

ность, увеличивают емкость катионного обмена, пролонгируют действие внесенных удобрений, предотвращают вымывание питательных веществ, тем самым создавая благоприятные условия для получения высокого урожая [19].

Применение цеолита обеспечило не только рост урожайности, но и позволило повысить качество производимой продукции: при оптимальном питании снижалось накопление нитратов в плодах томата, а также повышалось содержание в них сухого вещества (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние цеолита и удобрений на качественные показатели томата (сорт Самаладай)

Вариант опыта	Сухое вещество, %	Общий сахар, %	Нитраты, мг/кг
Контроль	4.93	3.55	68
Цеолит, 2 т/га	5.04	3.58	61
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	5.10	3.60	73
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	5.36	3.60	78
Цеолит, 2 т/га + N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	5.12	3.75	59
Цеолит, 2 т/га + N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	5.46	3.80	64

Из таблицы 2 видно, что содержание сухого вещества в плодах томата зависит от цеолита и доз вносимых минеральных удобрений. С увеличением доз удобрений наблюдалось повышение содержания сухого вещества от 4,93% на контрольном варианте до 5,46% при внесении цеолита и двойной дозы минеральных удобрений.

Сахара являются основной составной частью органического вещества. Внесение цеолита и минеральных удобрений незначительно повышало содержание общего сахара в плодах томата. Внесение цеолита и расчетных доз удобрений незначительно снижало концентрацию общего сахара. Наиболее эффективным для накопления сахаров оказалось применение 2 т цеолита и N₉₀P₉₀K₉₀.

Данные по содержанию нитратов в томате свидетельствуют, что минеральные удобрения повышали содержание нитратов. Варьирование содержания нитратов в вариантах опыта было от 61 до 78 мг/кг при контроле 68 мг/кг. Внесение цеолита снижало содержание нитратов в плодах томата и на 7 мг/кг по сравнению с контролем. Количество нитратов в продукции при применении расчетных доз минеральных удобрений увеличилось на 5 мг/кг и более, что может отрицательно отражаться на качестве овощных культур, но эти значения не превышали ПДК. Тем самым при систематическом внесении удобрений в

повышенных дозах балластные элементы могут накапливаться в почве в значительных количествах, отрицательно влияя на ее свойства и плодородие, на урожай и его качество, мигрируя в грунтовые воды, они могут повышать концентрацию солей.

Минеральные удобрения – главный фактор повышения продуктивности сельскохозяйственных культур, в т.ч. и овощных. Промышленные минеральные туки были и продолжают оставаться на сегодняшний день основой минерального питания растений, обеспечивая быстрое снабжение их легкоусвояемыми формами питательных веществ. В то же время, при внесении удобрений, вместе с питательными веществами в почву поступают также и вредные вещества в виде тяжелых металлов и других токсических элементов (фтор, хлор, нитраты и др.). В результате происходит загрязнение почвы токсичными веществами, сопутствующими питательным элементам минеральных удобрений. Поскольку в овощеводстве ежегодное внесение минеральных удобрений под культуры составляет в среднем 300-500 кг/га в физическом весе, примерно такое же количество является балластом, нетрудно посчитать какой объем вредных веществ поступает в почву.

Учитывая важность экологической чистоты почвы и продукции, мы изучили влияние вносимых минеральных удобрений на степень загрязнения

предгорной темно-каштановой почвы севооборота на содержание тяжелых токсикостатками. Результаты анализов металлов представлены в таблице 3. почвы под посевом томата овощного

Таблица 3 – Динамика содержания подвижных форм микроэлементов в почве в слое 0-20 см под посевом томата в зависимости от применения цеолита и удобрений, мг/кг почвы

Варианты	Подвижные формы микроэлементов, мг/кг							
	Zn	Cu	Cd	Pb	Zn	Cu	Cd	Pb
	2023 г.				2024 г. (последствие цеолита)			
Контроль	2,50	0,70	1,20	0,40	1,20	0,30	0,40	0,20
Цеолит, 2 т/га	1,60	1,30	0,70	0,50	1,60	0,20	0,40	0,00
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	3,40	0,60	0,90	0,60	1,50	0,30	0,90	0,60
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	4,10	0,40	0,80	0,60	1,60	0,70	0,70	0,30
Цеолит 2 т/га + N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	1,50	1,20	1,00	0,60	1,40	0,30	0,30	0,10
Цеолит 2 т/га + N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	4,90	1,10	0,70	0,50	1,4	0,30	0,20	0,20
ПДК	23	3,0	0,5	32,0	23	3,0	0,5	32,0

Под исследуемую культуру внесены аммиачная селитра (34% д.в.), двойной суперфосфат (45% д.в.), сульфат калия (50 % д.в.). С этими минеральными удобрениями в почву поступает некоторое количество тяжелых металлов: кадмий (Cd); свинец (Pb); цинк (Zn); медь (Cu).

Определены тяжелые металлы в исследуемой темно-каштановой почве под посевом томата. Полученные опытные данные свидетельствуют о том, что содержания подвижных форм микроэлементов (Zn, Cu, Cd, Pb) в почве в слое 0-20 см под посевом томата на контроле 2,50; 0,70; 1,20; 0,40 мг/кг соответственно (ПДК Zn - 23; Cu - 3,0; Cd - 0,5; Pb - 32,0), в зависимости от применения цеолита уменьшились. Сравнение этих значений с предельно допустимыми концентрациями (ПДК) показывают, что содержание кадмия превышает установленную норму (ПДК Cd - 0,5 мг/кг), в то время как уровни Zn, Cu и Pb находятся значительно ниже их ПДК (23; 3,0 и 32,0 мг/кг соответственно). Превышение концентрации кадмия в почве, вероятно, связано с поступлением кадмия из удобрений (аммофоса),

его высокой мобильностью в данных почвенных условиях, однако в 2024 году, в период последствия цеолита, на вариантах с внесением цеолита его содержание снижается и имеет значения ниже ПДК.

Цеолиты могут оказывать положительное влияние на снижение содержания тяжелых металлов в почве из-за своих свойств. Они обладают способностью обменивать катионы с растворенными в почве ионами. Тяжелые металлы, такие как свинец, цинк, медь, и другие, могут быть прочно связаны с цеолитом и тем самым временно изолированы от растений и почвенного раствора.

Хотя цеолиты могут помочь снизить содержание тяжелых металлов в почве, следует учитывать, что их эффективность может зависеть от многих факторов, включая тип почвы, концентрации металлов и метода применения цеолитов.

Окончательным этапом исследований является расчёт экономической эффективности рекомендуемых производству элементов повышения урожайности овощной культуры. Был проведён

анализ, позволивший определить экономическую эффективность применения цеолита и удобрений в 2023-2024 гг. и их действия в условиях темно-каштановой почвы юго-востока Казахстана (таблица 4).

Таблица 4 - Экономическая эффективность применения удобрений под томат

Варианты опыта	Урожай, т/га	Прибавка урожая от удобрений, т/га	Стоимость продукции, тг/га	Затраты на 1 га посевов	Условно чистый доход, тг	Уровень рентабельности, %
Контроль	22,3	-	-	-	-	-
Цеолит	25,4	3,1	1 778 000	640 080	1 137 920	64
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	24,3	2,0	1 701 000	816 480	884 520	52
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	27,0	4,3	1 890 000	1 039 500	850 500	45
Цеолит 2 т/га + N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	28,0	5,7	1 960 000	1 136 800	823 200	42
Цеолит 2 т/га + N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	29,0	6,7	2 030 000	1 177 400	852 600	42

Примечание: средняя цена 1 т – 70 000 тенге

Анализ экономической эффективности применения различных удобрений при выращивании томата показывает, что использование цеолита обеспечивает наибольший уровень рентабельности - 64%. Это достигается благодаря относительно низким затратам на удобрения (640080 тг/га) и увеличению урожайности на 3,1 т/га по сравнению с контролем, что соответствует дополнительному доходу в 1137920 тг/га при цене 70000 тг за тонну продукции.

Варианты с совместным применением цеолита и минеральных удобрений демонстрируют более высокую прибавку урожая: 5,7-6,7 т/га. Однако затраты на такие комбинации удобрений также выше, достигая 1136800-1177400 тг/га, что снижает условно чистый доход и уровень рентабельности до 42%.

Таким образом, хотя комбинированное применение цеолита и минеральных удобрений приводит к более значительному увеличению урожайности, чистый доход и рентабельность оказываются ниже из-за возросших затрат.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Удобрения и цеолит Шанканайского месторождения (Казахстан), улучшая питательный режим почвы, не только способствуют увеличению биомассы растений культур, но и положительно влияют на урожайность. Совместное внесение удобрений с цеолита дало наибольшие прибавки урожая, что свидетельствует о его высокой эффективности для повышения продуктивности изучаемой овощной культуры.

По результатам анализа качества изучаемой культуры, можно отметить, что в системе ресурсосберегающих технологий, рациональное применение удобрений, способствующее повышению не только урожайности, но и качественных показателей продукции, является важным рычагом управления продуктивностью культур. Установлено увеличение содержания сухого вещества, сахара и некоторое уменьшение количества нитратов в плодах томата.

Цеолиты, благодаря своим свойствам, могут снижать содержание тяжёлых металлов в почве, связывая такие

элементы, как цинк, свинец, кадмий и медь, уменьшая их доступность для растений и предотвращая миграцию в глубокие слои почвы и подземные воды.

Анализ экономической эффективности различных удобрений при выращивании томатов показал, что использование цеолита обеспечивает наибольшую рентабельность (64%)

благодаря относительно низким затратам (640080 тг/га) и увеличению урожайности на 3,1 т/га, тогда как комбинированное применение цеолита с минеральными удобрениями приводит к более высокой прибавке урожая (5,7–6,7 т/га), но меньшей рентабельности (42%) из-за возросших затрат (1136800–1177400 тг/га).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Юсупов М., Петров Б., Ахметова Ф. Овощеводство Казахстана. Учебник. Том 2. - Алматы: Республиканский издательский кабинет Казахской академии образования им. И. Алтынсарина, 2000. - 268 с.
2. Жумашева С.Т., Кантарбаева Ш.М., Шинтаева С.С. Овощеводство и картофелеводство Казахстана как основное направление сельскохозяйственного производства// Проблемы агрорынка. – 2024. – Т. 1. – С. 136-153.
3. Щепетков Н. Овощеводство Северного Казахстана. Учебное пособие. Издательство Foliant. - 416 с.
4. [Электронный ресурс]: Режим доступа: Экспертно-аналитический центр агробизнеса "АБ-Центр" www.ab-centre.ru. <https://ab-centre.ru/news/ploschadi-sbory-i-urozhaynost-pomidorov-otkrytogo-grunta-v-kazahstane>, свободный.
5. Кузнецов А. Ю., Кузин Е. Н. Влияние природного цеолита и удобрений на свойства почвы и урожайность сельскохозяйственных культур// Плодородие. - 2009. - № 3. - С. 12-13.
6. Malekian, R.; Abedi-Koupai, J.; Eslamian, S.S. Influences of clinoptilolite and surfactant-modified clinoptilolite zeolite on nitrate leaching and plant growth// J. Hazard. Mater. - 2011. – Т. 185. - Р. 970-976.
7. Ярван М.Э. Влияние удобрений на урожайность и качество столовых корнеплодов на дерново-карбонатных оподзоленных почвах Эстонии. Автореферат, дисс. ... канд с.-х. наук. - Рига. -1974. - 21 с.
8. Tucker R.L., Drew K., Ward C.M., Rutherford P.P. The effects of lifting date and storage temperature on the keeping quality of beetroots// J. hortic Sc. - 1980. - Vol. 55. - №4. – Р. 409-414.
9. Кан В.М., Кусаинова А.А., Шахаров Р.Ж. «Применение биоминерального удобрения на основе модифицированного цеолита - оптимизация органно-минерального питания на рисово-болотных почвах Казахстана»// Мат. Межд. конф. КазНИИ почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова. - Алматы - 2012. - С. 23-26.
10. Подковыров И. Ю., Костин М. В., Долгова А. И., Филипчук О. Д., Несват А. П. Влияние цеолитов на интенсивность жизненных процессов гибридных форм растений// Вестник Казанского государственного аграрного университета. - 2019. - №. 2. - С. 31-36.
11. Голубкина Н.А., Кошелева О.В. Содержание аскорбиновой кислоты в растениях, выращенных в закрытом грунте с использованием цеолитов// Вопросы питания. - 1994. - № 5. - С. 3-4.
12. Гончарова Н.А., Крутилина В.С., Панов Н.П. Влияние цеолита на биологи-

ческий урожай и поступление Sr в растения// Тяжелые металлы в окружающей среде. Пушино. - 1996. - С. 155-156.

13. Анисимова, Т.Ю. Эффективность применения торфогрунтов с использованием биопрепаратов и цеолита для выращивания рассады овощных культур// Плодородие. - 2009. - №6. - С. 23-24.

14. Sonawane N.S. Effect of zeolite application on soil properties, yield and nutrient uptake of maize on Inceptisol. M.Sc. thesis, Mahatma Phule Krishi Vidyapeeth, Rahuri. - 2019. - P.167-182.

15. Романова Г. А. Цеолиты: эффективность и применение в сельском хозяйстве. Ч. 1. - М.: ФГНУ «Росинформагротех». - 2000. - 296 с.

16. Крищенко Е.Ф. Эффективность форм азотного компонента комплексного удобрения для теплиц в опытах с огурцами и томатами// Агрохимическая эффективность новых форм минеральных удобрений. М., 1983. - Вып. 242. - С. 115-126.

17. M. Kragovic, S. Pasalic, M. Markovic, M. Petrovic, B. Nedeljkovic, M. Momcilovic, M. Stojmenovic. Natural and modified zeolite - alginate composites. application for removal of heavy metal cations from contaminated water solutions// Minerals. - 2018. - Vol. 8. - № 1. - P. 11.

18. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. - М.:Агропромиздат, 1985. - 358 с.

19. Романова Г. А. Цеолиты: эффективность и применение в сельском хозяйстве. Ч. 1. — М.: ФГНУ «Росинформагротех». - 2000. - 296 с.

REFERENCES

1. Yusupov M., Petrov B., Ahmetova F. Ovoshevodstvo Kazahstana. Uchebnik. Tom 2. - Almaty: Respublikanskij izdatelskij kabinet Kazahskoj akademii obrazovaniya im. I. Altynsarina, 2000. - 268 s.

2. Zhumasheva S.T., Kantarbaeva Sh.M., Shintaeva S.S. Ovoshevodstvo i kartofelevodstvo Kazahstana kak osnovnoe napravlenie selskohozyajstvennogo proizvodstva// Problemy agrorynka. - 2024. - Т.1. - С. 136-153.

3. Shepetkov N. Ovoshevodstvo Severnogo Kazahstana. Uchebnoe posobie. Izdatelstvo Foliant. - 416 s.

4. [Electronic resource]: Rezhim dostupa: Ekspertno-analiticheskij centr agrobiznesa "AB-Centr" www.ab-centre.ru. <https://ab-centre.ru/news/ploschadi-sbory-i-urozhajnost-pomidorov-otkrytogo-grunta-v-kazahstane,svobodnyj>.

5. Kuznecov A. Yu., Kuzin E. N. Vliyanie prirodnogo ceolita i udobrenij na svojstva pochvy i urozhajnost selskohozyajstvennyh kultur// Plodorodie. - 2009. - № 3. - С. 12-13.

6. Malekian R., Abedi-Koupai J., Eslamian S.S. Influences of clinoptilolite and surfactant-modified clinoptilolite zeolite on nitrate leaching and plant growth// J. Hazard. Mater. - 2011. - T. 185. - P. 970-976.

7. Yarvan M.E. Vliyanie udobrenij na urozhajnost i kachestvo stolovyh korneplodov na dervno-karbonatnyh opodzolennyh pochvah Estonii. Avtoreferat, diss. ... kand s.-h. nauk. - Riga. -1974. - 21 s.

8. Tucker R.L., Drew K., Ward C.M., Rutherford P.P. The effects of lifting date and storage temperature on the keeping quality of beetroots// J. hort. Sc. - 1980. - Vol. 55. - №4. - P. 409-414.

9. Kan V.M., Kusainova A.A., Shaharov R.Zh. «Primenenie biomineralnogo udobreniya na osnove modificirovannogo ceolita - optimizaciya organno-mineralnogo pitaniya na risovo-bolotnyh pochvah Kazahstana»// Mat. Mezhd. konf. KazNII pochvovedeniya i agrohimii im. U.U. Uspanova. - Almaty - 2012. - С. 23-26.

10. Podkovyrov I. Yu., Kostin M. V., Dolgova A. I., Filipchuk O. D., Nesvat A. P. Vliyanie ceolitov na intensivnost zhiznennykh processov gibridnykh form rasteniy// Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2019. - № 2. - S. 31-36.
11. Golubkina H.A., Kosheleva O.V. Soderzhanie askorbinovoy kisloty v rasteniyah, vyrashennykh v zakrytom grunte s ispolzovaniem ceolitov// Voprosy pitaniya. - 1994. - № 5. - S. 3-4.
12. Goncharova H.A., Krutilina B.C., Panov N.P. Vliyanie ceolita na biologicheskij urozhaj i postuplenie Sr v rasteniya// Tyazhelye metally v okruzhayushej srede. Pushino. - 1996. - S. 155-156.
13. Anisimova, T.Yu. Effektivnost primeneniya torfogruntov s ispolzovaniem biopreparatov i ceolita dlya vyrashivaniya rassady ovoshnykh kultur.// Plodorodie.- 2009. - № 6. - S. 23-24.
14. Sonawane N.S. Effect of zeolite application on soil properties, yield and nutrient uptake of maize on Inceptisol. M.Sc. thesis, Mahatma Phule Krishi Vidyapeeth, Rahuri. - 2019. - P. 167-182.
15. Romanova G. A. Ceolity: effektivnost i primeneniye v selskom hozyajstve. Ch. 1. - M.: FGNU «Rosinformagroteh». – 2000. - 296 s.
16. Krishenko E.F. Effektivnost form azotnogo komponenta kompleksnogo udobreniya dlya teplic v opytah s ogurcami i tomatami// Agrohimicheskaya effektivnost novykh form mineralnykh udobrenij. M., 1983. - Vyp. 242. -S. 115-126.
17. M. Kragovic, S. Pasalic, M. Markovic, M. Petrovic, B. Nedeljkovic, M. Momcilovic, M. Stojmenovic. Natural and modified zeolite - alginate composites. application for removal of heavy metal cations from contaminated water solutions// Minerals. - 2018. - Vol. 8. - № 1. - P. 11.
18. Dosphehov B. A. Metodika polevogo opyta. – M.:Agropromizdat, 1985. – 358 s.
19. Romanova G. A. Ceolity: effektivnost i primeneniye v selskom hozyajstve. Ch. 1. - M.: FGNU «Rosinformagroteh». – 2000. - 296 s.

ТУЙІН

Т.К. Василина^{1*}, Е.С. Абилдаев¹, А.А. Жаппарова¹, А.Н. Жамангараева¹,
Ш.Н. Абдухаимова¹

ЦЕОЛИТ ПЕН ТЫҢАЙТҚЫШТАРДЫҢ ҚЫЗАНАҚТЫҢ
(*SOLANUM LYCOPERSICUM*) ӨСУІ, ӨНІМДІЛІГІ ЖӘНЕ САПАСЫНА ӘСЕРІ

¹«Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті» КЕАҚ,

050010, Алматы қ., Абай даңғылы 8, Қазақстан, *e-mail: v_tursunai@mail.ru

Мақалада 2023–2024 жылдары Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы қара-қоңыр топырақта өсірілген «Самалдай» сортының қызанақтарының өнімділігі мен сапасына Шанканай кенішінің ұсақ фракциялы цеолитінің әсері зерттелген. Цеолитті қолдану өнімділікті арттыруға, өнім сапасын жақсартуға және рентабельділікті арттыруға ықпал ететіні анықталды. Бақылау тобында (тыңайтқышсыз) қызанақ өнімділігі гектарына 22,3 тонна болды, ал цеолит пен тыңайтқыштар қолданылған нұсқаларда өнімділік артты. Ең жоғары өнімділік 2 тонна цеолит пен N₉₀P₉₀K₉₀ тыңайтқыштарын қолданғанда гектарына 6,7 тоннаға жетті. Тыңайтқыш дозасын арттыру қызанақ жемістеріндегі құрғақ зат мөлшерін бақылау тобындағы 4,93%-дан 5,46%-ға дейін арттырды, қант мөлшері аздап өсті. Минералды тыңайтқыштар жемістердегі нитраттар мөлшерін бақылау тобындағы 68 мг/кг-дан 61-78 мг/кг аралығында арттырды, ал цеолит қолдану нитраттар деңгейін бақылау тобымен салыстырғанда 7 мг/кг-ға төмендетті. Тыңайтқыштар қолданылған топырақтың 0–20 см қабатындағы ауыр металдардың (Zn, Cu, Cd, Pb) қозғалмалы

түрлерінің мөлшері сәйкесінше 2,50; 0,70; 1,20; 0,40 мг/кг болды. Цеолит қолдану олардың мөлшерін төмендетуге ықпал етеді, себебі ол ауыр металдарды байланыстырып, өсімдіктерге қолжетімділігін азайтады. Экономикалық талдау нәтижелері бойынша, цеолит қолдану қызанақ өсіруде гектарына 3,1 тонна өнімділік арттырып, 64% рентабельділікті қамтамасыз етеді, ал цеолит пен минералды тыңайтқыштарды бірге қолдану өнімділікті гектарына 5,7–6,7 тоннаға арттырса да, рентабельділік 42%-ға дейін төмендейді.

Түйінді сөздер: цеолит, тыңайтқыштар, қызанақ, өнім, сапа, нитраттар, топырақ, микроэлементтер.

SUMMARY

T. Vassilina^{1*}, E. Abildayev¹, A. Zhapparova¹, A. Zhamangarayeva¹, Sh. Abdukhaimova¹
INFLUENCE OF ZEOLITE AND FERTILIZERS ON THE GROWTH, YIELD AND QUALITY OF
TOMATO (*SOLANUM LYCOPERSICUM*)

¹NPJSC "Kazakh National Agrarian Research University", 050010, Almaty,
Abay Avenue 8, Kazakhstan, *e-mail: v_tursunai@mail.ru

This study presents the results of research on the impact of fine fraction zeolite from the Shankhanai deposit on the yield and quality of Samaladay tomato fruits cultivated in the dark chestnut soils of southeastern Kazakhstan during 2023–2024. It has been established that the use of zeolite helps to increase yields, improve product quality and increase profitability. The control group (no fertilizers) yielded 22.3 tons per hectare, while treatments with zeolite and fertilizers showed increased yields. The maximum yield increase of 6.7 tons per hectare was achieved with 2 tons of zeolite combined with N₉₀P₉₀K₉₀ fertilizers. Increasing fertilizer doses raised the dry matter content in tomato fruits from 4.93% in the control group to 5.46% with zeolite and double doses of mineral fertilizers, with a slight increase in sugar content. Mineral fertilizers increased nitrate levels in tomato fruits, ranging from 61 to 78 mg/kg compared to the control (68 mg/kg), while zeolite application reduced nitrate levels by 7 mg/kg relative to the control. The content of mobile forms of heavy metals (Zn, Cu, Cd, Pb) in the 0–20 cm soil layer under tomato cultivation in the control group was 2.50, 0.70, 1.20, and 0.40 mg/kg, respectively. Zeolite application contributed to the reduction of these levels due to its ability to bind heavy metals and decrease their availability to plants. The analysis showed that using zeolite in tomato cultivation on dark chestnut soils increased yield by 3.1 tons per hectare and provided a profitability of 64% due to low costs, whereas combining zeolite with mineral fertilizers increased yield by 5.7–6.7 tons per hectare but reduced profitability to 42%.

Keywords: zeolite, fertilizers, tomato, yield, quality, nitrates, soil, microelements.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. Василина Турсунай Кажымуратовна - ассоциированный профессор кафедры «Почвоведение, агрохимия и экология», PhD, e-mail: v_tursunai@mail.ru

2. Абилдаев Ержан Советбекович - декан факультета «Агробиология», PhD, e-mail: e-abildaev@mail.ru

3. Жаппарова Айгуль Абсултановна - профессор кафедры «Почвоведение, агрохимия и экология», кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, e-mail: aigul7171@inbox.ru

4. Жамангараева Айгуль Нурдановна - старший преподаватель кафедры «Почвоведение, агрохимия и экология», e-mail: zhamangaraeva_a@mail.ru

5. Абдухаимова Шырынкуль Нартайқызы - заместитель декана по воспитательной работе факультета «Агробиология», e-mail: shyrynkul.abdukhaimov@bk.ru

ГРНТИ 68.35.29

DOI: 10.51886/1999-740X_2025_1_84

Г.А. Мырзабаева^{1*}, К.Т. Абаева^{1*}, Е.С. Абилдаев¹, А.К. Игембаева¹,
А.Б. Сламбаева¹

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ
ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ
ЗАПАДНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

¹НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет»,
050010, Алматы, пр. Абая 8, Казахстан,

*e-mail: myrzabaeva60@mail.ru; abaeva1961@mail.ru

Аннотация. Эффективность ресурсосберегающих технологий зависит от комплекса взаимосвязанных факторов: севооборота с определённым набором и чередованием ярового ячменя, системы сельскохозяйственных машин, сочетания основной и предпосевной обработки почвы с учётом местных природно-климатических условий, фитосанитарного состояния полей, баланса элементов минерального питания растений в почве и т. д. В связи с этим в настоящее время весьма актуальной задачей является повышение урожайности ярового ячменя при одновременном снижении затрат на ее производство, за счет применения ресурсосберегающей технологии возделывания, в том числе минимализации обработки почвы, с использованием комбинированных сельскохозяйственных машин и орудий. Целью исследования являлась сравнительная агротехническая оценка традиционной и ресурсосберегающей (минимальная и нулевая) технологий возделывания ярового ячменя в условиях Западно-Казахстанской области. Наши научные исследования основаны на максимальной концентрации и эффективном использовании всех материально-технических ресурсов, а также на широком применении новейших научных достижений и передового опыта в технологии возделывания ярового ячменя. Доказано, что применяемые системы обработки почвы и методы химической защиты растений не только способствуют экономии ресурсов, но и обеспечивают производство экологически чистой продукции. В результате наших исследований установлена агроэкологическая эффективность ресурсосберегающей технологии обработки почвы при выращивании ярового ячменя в условиях Западно-Казахстанской области.

Ключевые слова: ресурсосберегающая технология, всхожесть, почвенный покров, система обработки почвы, традиционная, минимальная, нулевая обработка почвы.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время переход на ресурсосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур выступает в качестве одного из главных направлений в перестройке методов ведения растениеводства, поскольку в них сконцентрированы последние достижения зарубежной и отечественной сельскохозяйственной науки. Это связано с необходимостью поиска путей преодоления ряда трудностей, сложившихся в аграрном секторе (изношенность машинно-тракторного парка, ухудшение почвенного плодородия, высокая затратность

производства и т.д.) [1-3]. Применение минимальных технологий и систем прямого посева особенно выигрывают: в регионах с низким уровнем осадков, подверженных засухе, где механическая обработка почвы приводит к испарению или стоку воды и тем самым снижает содержание влаги в почве; степи и холмистые равнины с почвами подверженными эрозии; со слабо структурированными почвами, которые при механической обработке переходят в пылеобразное состояние в сухих условиях или образуют крупные комки во влажных условиях; требующих ранних сроков начала полевых работ, но

погодные условия, которых препятствуют проведению механических обработок почвы [4-7]. При нулевой обработке (No-till), почву не обрабатывают, лишь «врезают» в нее семена зерновых культур, избегая обычных операций предпосевной культивации, обеспечивая тем самым защиту от ветровой и водной эрозии [8].

Эффективность ресурсосберегающих технологий зависит от комплекса взаимосвязанных вопросов: севооборота с определенным набором и чередованием сельскохозяйственных культур, системы сельскохозяйственных машин, сочетания основной и предпосевной обработки почвы с учетом местных природно-климатических условий, фитосанитарного состояния полей, баланса элементов минерального питания растений в почве и т.д. [9-11]. При непрерывном росте стоимости горюче-смазочных материалов, сельскохозяйственной техники, удобрений, средств защиты растений и различных услуг растет себестоимость сельскохозяйственной продукции при одновременном снижении рентабельности производства [12-14]. Рыночная экономика диктует жесткие требования к производству высококачественной конкурентоспособной сельскохозяйственной продукции, поэтому ресурсосберегающие и экологически безопасные агротехнологии, используемые для этих целей, приобретают особое значение [15]. Экономические и экологические преимущества новых технологий: осуществление посева в оптимальные сроки с минимальными затратами; повышение урожайности за счет лучшей всхожести и однородности посевов; сокращение затрат труда при использовании высокопроизводительной техники, экономия топлива; осуществление посева с одновременным проведением борьбы с сорными растениями; самооздоровление почвенного покрова в следствие отсутствия

переворота пласта почвы; улучшение водной и воздушной пропускной системы почвы [16-18].

В результате анализа приведенных данных наибольшая влагообеспеченность посевов ярового ячменя была установлена при минимальной технологии обработки почвы, которая составила 52%, при коэффициенте водопотребления-28%, наименьшая влагообеспеченность была установлена при нулевой, которая была зафиксирована на уровне 49% и коэффициенте водопотребления-24%, эти показатели составили соответственно 50% и 23%. Минимальные и нулевые технологии в экономическом смысле заключаются в существенном повышении производительности труда, увеличении прибыльности и снижении себестоимости произведенного зерна, а в технологическом смысле минимализация обработки почвы сокращает длительность проведения работ. Целью исследования являлась сравнительная агротехническая оценка традиционной и ресурсосберегающей (минимальная и нулевая) технологий возделывания ярового ячменя в условиях Западно-Казахстанской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальная часть работы проведена на базе ТОО «Уральская сельскохозяйственная станция», расположенного в 7 км от г. Уральска. Основным направлением развития хозяйства является производство зерновых культур. Различные технологии обработки почвы под посевы ярового ячменя в 2022 г. были изучены в опытах на темно-каштановой почве в полевом 4-х польном зернопаровом севообороте с чередованием культур и пара: пар – яровая пшеница – яровая пшеница – яровой ячмень. Схема опыта включала следующие варианты:

1. Традиционная технология обработки почвы.

2. Минимальная технология обработки почвы.

3. Нулевая технология обработки почвы.

В опыте высевался яровой ячмень сорт «Донецкий-8». Повторность опытов трехкратная. Общая площадь деланки составила 315 м², учетная - 270 м². Расположение вариантов - систематическое.

В опытах проводились следующие определения, учеты и наблюдения:

1. Влажность почвы на глубину 1 м через 10 см термостатно-весовым методом перед посевом, в колошение и перед уборкой;

2. Фенологические наблюдения визуально в трех повторностях опыта по фазам развития яровой ячменя: посев, всходы, кущение, выход в трубку, колошение, восковая спелость по методике государственного сортоиспытания (2000 г.).

3. Плотность пахотного слоя почвы объемно-весовым методом в период массовых всходов ячменя в 3-х кратной повторности на каждом фоне обработки. Определение проводилось при помощи бура Качинского по глубинам 0-10; 0-20; 20-30 см. Объемная масса почвы определялась путем деления массы сухой почвы на ее объем.

4. Определение пораженности растений ярового ячменя возбудителями корневых гнилей проводилось по методикам КазНИИЗиР (2005 г.);

5. Биоэнергетическая оценка изучаемых вариантов по методике СибНИИЗхоз (2009 г.).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Оптимальная плотность почвы - необходимое условие для нормального развития растений, а также регулирования элементов и условий почвенного плодородия. Плотность почвы относится к ее главным физическим свойствам. С этим показателем связаны условия механической обработки почвы, водный, воздушный, тепловой и пищевой режим. Особенно велико значение плотности почвы в регулировании водно-воздушного режима. Снижение плотности почвы увеличивает её водопроницаемость, но рыхлость усиливает испарение. Чрезмерно рыхлое состояние почвы ведет к её иссушению, нарушается контакт между частицами почвы и семенами, корнями растений, из-за оседания повреждаются молодые корни. Высокая плотность является механическим препятствием для распространения корневых систем. Каждому виду растений соответствует своя определенная оптимальная плотность, при которой создаются наилучшие условия для роста и формирования урожая. Результаты наших исследований за состоянием плотности почвы показали, что как излишняя рыхлость, так и чрезмерная плотность почвы оказывают отрицательное влияние на рост и развитие растение и их урожайность (таблица 1).

Таблица 1 - Плотность почвы перед посевом ярового ячменя (сорт Донецкий8), г/см³

№	Технология обработки почвы	Слой почвы, см			
		0-10	10-20	20-30	0-30
1	Традиционная технология (контроль)	0,93	1,05	1,25	1,08
2	Минимальная технология	1,05	1,17	1,22	1,15
3	Нулевая технология	1,05	1,22	1,13	1,13

Исследования показали, что наибольшая плотность почвы была на контроле (традиционная технология обработка почвы) – 1,25 г/см³ в слое 20-30 см, наименьшая - при нулевой технологии обработки почвы - 1,13 г/см³, при минимальной технологии обработки почвы этот показатель составил 1,22 г/см³. Наиболее рыхлым был слой 10-20 см с объемной массой от 1,05 до 1,22 г/см³, что благоприятствовало прорастанию семян ярового ячменя. Следовательно, при проведении эффективной борьбы с засоренностью посевов величина объемной массы пахотного 0-30 см слоя почвы не создает препятствий для проведения минимальной обработки почвы под посев ярового ячменя.

Важным показателем, напрямую влияющим на величину урожая, является полевая всхожесть. От полевой всхожести высеваемых растений во многом зависит качество на единицу площади, которые участвуют в формировании урожая. В результате проведенных исследований было установлено, что в комплексе факторов, влияющих на полевую всхожесть семян яро-

вого ячменя, особое место занимают погодные условия года. Погодные условия в период 2022 г., «посев-всходы» были более благоприятными, чем в 2023 г., когда этот период характеризовался засушливостью. В среднем за два года, полевая всхожесть семян ярового ячменя по всем изучаемым технологиями обработки почвы, была выше при минимальной обработке, по сравнению с нулевым и традиционными вариантами (таблица 2). Технология обработки почвы полей в разные годы оказывает различное влияние на полевую всхожесть семян ярового ячменя.

В острозасушливом 2023 г. полевая всхожесть семян ярового ячменя по сравнению с нулевой была на 2,5% ниже, чем при минимальной и на 4% выше по сравнению с традиционной. Из-за погодных условий 2022 г. полевая всхожесть семян ярового ячменя при минимальной обработке почвы была выше. Это превышение при совокупности всех изучаемых вариантов по сравнению с минимальной и нулевой обработкой почвы составило соответственно – 8,5 и 3,8%.

Таблица 2 - Полевая всхожесть семян ярового ячменя (сорт Донецкий 8) в зависимости от технологии обработки (за 2022-2023 гг.)

№	Технология обработки почвы	Полевая всхожесть, %	
		2022 г.	2023 г.
1	Традиционная технология (контроль)	83,8	75,3
2	Нулевая технология	87,6	77,8
3	Минимальная технология	92,3	79,3

Следует отметить, что в годы проведения исследований полевая всхожесть семян ярового ячменя в опытах была достаточно высокой. Таким образом, различное сложение и разная степень увлажнения на вариантах опыта оказывают определенное влияние на величину полевой всхожести и первоначальный рост ярового ячменя.

Дальнейшее ее развитие в большей степени зависит от погодных условий вегетационного периода.

В период вегетации нами проводились наблюдения за состоянием посевов. В таблице 3 приведены данные зависимости густоты стояния от технологии в целом, и посева в частности.

Таблица 3 - Густота стояния ярового ячменя (сорт Донецкий 8) в зависимости от технологии предпосевной обработки и посева (среднее за 2022-2023 гг.)

№ п/п	Технология обработки почвы	Густота стояния растений, шт./м ²
1	Традиционная технология (контроль)	418
2	Нулевая технология	418
3	Минимальная технология	426

Из приведённой выше таблицы 3 видно, как влияет технология обработки почвы на густоту стояния растений. При традиционной и нулевой технологиях она составила 418 шт./м², а при минимальной обработке почвы - 426 шт./м². Такая разница произошла как из-за разной полевой всхожести, так и потому, что при минимальной технологии растение имеет не менее трёх продуктивных стеблей, а при традиционной технологии три продуктивных стебля на растении встречаются довольно редко.

Фенология роста и развития ярового ячменя. В жизни растений большое значение имеет прохождение ими ос-

новных фаз развития, характеризующих различное состояние культур в течение вегетационного периода. В растениях в процессе роста и развития происходят качественные изменения, характеризующиеся появлением новых органов и морфологических признаков, сменой фенологических фаз. У ярового ячменя, как и у всех зерновых культур, выделяют следующие фазы роста и развития: прорастание семян, всходы, кущение, выход в трубку, колошение, или выметывание, цветение и созревание (спелость). Фенологическая фаза является показателем темпа и ритма развития растения, от которого зависит динамика накопления фито массы (таблица 4).

Таблица 4 - Сроки наступления фенологических фаз развития ярового ячменя (сорт Донецкий 8) (среднее за 2022-2023 гг.)

№ п/п	Технология обработки почвы	Даты наступления основных фенологических фаз					
		всходы	кущение	выход в трубку	колошение	молочная спелость	полная спелость
1	Традиционная технология (контроль)	09.06	24.06	05.07	16.07	07.08	07.09
2	Нулевая технология	08.06	22.06	04.07	15.07	06.08	06.09
3	Минимальная технология	08.06	22.06	03.07	15.07	05.08	05.09

Анализируя продолжительность межфазных периодов у ярового ячменя в зависимости от различных технологий обработки почвы, следует отметить,

что в среднем за годы исследований разница в днях между различными фазами составила на 1-2 дня раньше при минимальной и нулевой обработке

почвы по сравнению с традиционной (контроль) [16].

Фенофаза «кущение» при минимальной и нулевой обработке наступила на 2 дня раньше (22.06), чем на контроле (24.06). Фаза «выход в трубку» при минимальной технологии обработки почвы наступила на 2 дня раньше (03.07), чем на контроле (05.07), и на 1 день раньше, чем при нулевой технологии обработки почвы (04.07). Фаза «колошение» наступила на 2-м и 3-м вариантах на 1 день раньше (15.07), чем на контроле (16.07). Фаза «молочной спелости» ярового ячменя при минимальной технологии обработки наступила на 2 дня раньше (05.08), чем на контроле, и на 1 день раньше, чем при нулевой технологии обработки почвы (06.08). Фаза «полной спелости» при минимальной технологии обработки почвы наступила на 2 дня раньше (05.09), чем на контроле (07.09) и на один день раньше, чем на 2-м варианте (06.09).

Таким образом, следует отметить, что даты наступления фенологических фаз ярового ячменя при минимальной технологии обработки почвы наступали на 1-2 дня раньше, чем на контроле и при нулевой обработке почвы, что характеризуется созданием более благоприятных почвенных условий, чем при традиционной технологии обработки почвы.

В условиях сухой степи фактором, лимитирующим урожайность ярового ячменя, является продуктивная влага в почве. Определение влажности почвы после схода снега показало, что за счет осенне-зимних осадков формируется определенный запас продуктивной влаги по всем вариантам технологии обработки почвы. В Западно-Казахстанской области, особенно в сухостепной зоне, где проводились исследования, от схода снега до посева яровых зерновых культур обычно проходит 35-40 дней. Господствующие в это время ветры, в условиях резкого нарастания температур воздуха, приводят к образованию почвенной корки, способствующей интенсивному испарению влаги. Поэтому в ранневесенний период необходимо проводить своевременные мероприятия по сохранению накопленной влаги.

Анализ показывает, что его условием влагообеспеченности растений ярового ячменя наиболее благоприятным был 2022 год, в котором влагообеспеченность посевов составила 49-52% от нужного количества (таблица 5). В 2023 году количество выпавших осадков в июне было выше среднеемноголетних, а прохладная весна способствовала снижению расхода влаги на физическое испарение из почвы.

Таблица 5 - Влагообеспеченность посевов ярового ячменя (сорт Донецкий 8) (среднее за 2022-23 гг.)

№	Технология обработки почвы	Потребность растений в воде, мм	Фактический суммарный расход, мм	Влагообеспеченность, %	Коэффициент водопотребления
1	Традиционная (контроль)	223	111	50	23
2	Минимальная технология	223	107	52	28
3	Нулевая технология	223	109	49	24

Наибольшая влагообеспеченность посевов ярового ячменя была установлена при минимальной технологии обработки почвы, которая составила 52%, при коэффициенте водопотребления - 28%, наименьшая влагообеспеченность была установлена при нулевой, которая была зафиксирована

на уровне 49% и коэффициент водопотребления - 24%, на контроле эти показатели составили соответственно 50% и 23%.

Изменения в запасах продуктивной влаги в почве были заметны по различным технологиям обработки почвы (таблица 6).

Таблица 6 - Динамика запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы в период вегетации ярового ячменя (сорт Донецкий 8), мм (среднее за 2022-2023 гг.)

№ п/п	Технология обработки почвы	Перед посевом	Выход в трубку	Созревание
1	Традиционная (контроль)	100	90	76
2	Минимальная технология	115	94	89
3	Нулевая технология	120	99	94

Наибольшая влагообеспеченность растений ярового ячменя перед посевом была установлена при нулевой технологии, которая составила 120 мм, наименьшая на контроле - 100 мм, при минимальной технологии обработки почвы этот показатель составил 115 мм. В фазе «выхода в трубку» ярового ячменя влагообеспеченности было установлено на 3-м варианте - 99 мм, больше на 5 мм, чем на 2-ом варианте, и на 9 мм больше, по сравнению с контролем 90 мм.

Таким образом, наилучшая влагообеспеченность посевов ярового ячменя отмечена при нулевой технологии обработки почвы, что объясняется отсутствием механической обработки поверхностного слоя почвы, по сравнению с традиционной и минимальной технологиями обработки почвы, где при бороновании поверхностный слой почвы быстрее пересыхает.

Учет засоренности посевов, проведенный в фазу полных всходов ярового ячменя показал, что число малолетних сорняков по предшественникам составило от 1,9 до 9,6 шт./м², где доминировали сорняки из семейства щирицевых - *Amaranthaceae*. При этом следует отметить, что по всем предшественни-

кам наибольшее их количество было на варианте традиционной и нулевой технологии, где в предпосевной период обработка почвы проводилась сеялкой Джондир 1835. На вариантах минимальной технологии, где в предпосевной период применялся глифосато-содержащий гербицид сплошного действия Ураган-Форте в дозе 1,8-2,2 л/га, засоренность в фазу полных всходов по всем предшественникам была минимальной.

Видовой и количественный учет сорной растительности, проведенный в период уборки, показал, что наибольшее распространение имели следующие виды сорняков: из однолетних двудольных - щирица, запрокинутая *Amaranthus retroflexus* L, из однолетних злаковых - щетинник зеленый *Setaria viridis* (L) и ежовник обыкновенный *Echinochloa crusgalli* (L) Beauv, из многолетних корнеотпрысковых - вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis*).

В основном сильное изменение видового и количественного состава сорной растительности наблюдалось, где доминирующим видом сорняков были поздние яровые однолетники из семейства мятликовых (щетинник зеленый *Setaria viridis* (L), ежовник обыкновенный, просо куриное (*Echinochloa*

crusgalli (L) Beauv), которые, отличаясь высокой семенной продуктивностью, по литературным данным она составляет от 2500 до 13800 зерновок с одного растения, и, имея растянутый период прорастания, засоряли, в основном, посевы ярового ячменя. Если на вариантах нулевой и минимальной технологии с проведением гербицидной обработки баковой смесью (Топик 0,3 л/га + Диален Супер 0,5 л/га) удалось снизить

засоренность посевов, то на вариантах традиционной технологии количество малолетних сорняков в период уборки в гербицидном пару составляло 53,3 шт./м² (таблица 7).

Данные учета засоренности посевов ярового ячменя убедительно свидетельствуют о том, что при замене механических обработок гербицидными усиление засоренности посевов не происходит.

Таблица 7 - Засоренность посевов ярового ячменя (сорт Донецкий 8) в зернопаровом 4-х польном севообороте в зависимости от различных технологий обработки почвы (среднее за 2022-2023 гг.)

№ п/п	Технология обработки почвы	Количество сорняков, шт./м²			Сырая масса сорняков, г/м²
		Всего	в том числе		
			однолетних	многолетних	
1	2	3	4	5	6
Фаза полных всходов ячменя					
1	Традиционная технология (контроль)	37,2	37,0	0,2	32,5
2	Минимальная технология	32,9	32,6	0,3	18,7
3	Нулевая технология	18,1	17,6	0,5	10,0
Перед уборкой					
1	Традиционная технология (контроль)	12,8	12,7	0,1	14,0
2	Минимальная технология	9,5	9,4	0,1	10,0
3	Нулевая технология	10,6	10,5	0,1	10,3

Напротив, в начале вегетации (фаза полных всходов) в посевах ячменя по нулевой технологии сорняков насчитывалось в 2 раза меньше (18,1 шт./м²), чем в посевах при обычной технологии (37,2 шт./м²).

Ко времени уборки количество сорняков на 1 м² посева снизилось на всех вариантах обработки почвы и было примерно равным 9,5-12,8 шт./м². При этом многолетних сорняков практически не было (0,1 шт./м²). За время вегетации растений на вариантах нулевой и минимальной технологии была проведена гербицидная обработка посевов

ярового ячменя баковой смесью Топик 0,3 л/га + Диален Супер 0,5 л/га, которая позволила удерживать численность сорняков по всем предшественникам ниже допустимого порога вредности, т.е. меньше 15 шт./м².

Наблюдения за развитием сорной растительности в посевах ярового ячменя в период их вегетации показали, что проведение допосевных химических обработок обеспечивает очищение посевов в начальные этапы развития культуры и сдвигает появление следующей волны сорняков на более поздние сроки. В связи с этим возникает необхо-

димось проведение химической прополки с использованием селективных и сплошных гербицидов. Химическая прополка в период вегетации проводилась против двудольных и злаковых сорных растений по следующим типам засорения:

Тип засорения 1. Гербицидная обработка против двудольных, включая многолетние корнеотпрысковые: Гранстар 15 г/га + 2М-4Х 0,4 л/га, Респект 15 г/га+2М-4Х- 0,4 л/га Аккурат 7 г/га + 2М-4Х -0,4 л/га. Против полыни: Гранстар -15 г/га (Респект 15 г/га) + Эстет -0,3 л/га или Аккурат-7 г/га + Эстет -0,3 л/га;

Тип засорения 2. Гербицидная обработка против двудольных, включая многолетние корнеотпрысковые и однолетние злаковые: Гранстар-15 г/га (Респект 15 г/га) + 2М-4Х -0,4 л/га + Фокстрот Экстра-0,45 л/га; Аккурат - 7 г/га+ 2М-4Х- 0,4 л/га + Фокстрот Экстра - 0,45 л/га;

Тип засорения 3: Гербицидная обработка против злаковых сорняков, вк-

лючая просо сорнополевое и овсюг при позднем появлении Фокстрот Экстра – 0,45 л/га, Пума Супер 100 - 0,3 л/га + Эверест 25 г/га, Кугар форте - 0,25 л/га +Эверест 25 г/га и Пума Супер 100 - 0,75 л/га.

Таким образом, высокая культура земледелия с использованием современных гербицидов позволяет очистить посевы от сорняков. Минимализация обработки почвы, вплоть до полного отказа от её проведения в этих условиях не ведет к росту засоренности посевов.

Проведенные опыты и расчеты показывают, что посевы ярового ячменя, которые поглощают около 90% ФАР должны иметь площадь листьев в момент максимума не менее 40 тыс. м²/га. Так, растения ярового ячменя на варианте с минимальной технологией обработки почвы имели несколько большую площадь листьев – 36,3 тыс. м²/га, то есть в 1,7-1,9 раз больше, чем при нулевой и традиционной обработках почвы (таблица 8).

Таблица 8 - Площадь листовой поверхности ярового ячменя (сорт Донецкий 8), тыс. м²/га, (среднее за 2022-2023 гг.)

№	Технология обработки почвы	Площадь листовой поверхности ярового ячменя, тыс. м ² /га
1	Традиционная технология (контроль)	18,7
2	Минимальная технология	36,3
3	Нулевая технология	21,8

Урожай зерна, хотя и связан с мощностью ассимиляционного аппарата посевов, но все же эта связь не совсем пропорциональна, так как чистая продуктивность фотосинтеза зависит не только от площади листьев, но и от условий водоснабжения, питания растений и освещенности. На варианте с минимальной технологией обработки почв растения вследствие меньшего количества растений на единице площади отличались более крупными размерами листьев и имели

большую поверхность, они практически не затемняли друг друга.

При этом все листья работали при достаточной освещенности, чем на других вариантах. В условиях, когда на единице площади больше растений, что имело место на варианте с традиционной и нулевой технологиях, проявляется ценотический эффект, то есть взаимное затенение растений. При этом средние и особенно нижние листья получали мало света, и интенсивность фотосинтеза снизилась.

В результате опыта при одинаковых почвенно-климатических условиях целенаправленным использованием агротехнических приемов мы смогли изменить агробиологические характеристики зерна (таблица 9).

Таблица 9 - Агробиологические характеристики ярового ячменя (сорт Донецкий 8) при различных технологиях обработки почвы (в среднем за 2022-2023 гг.)

№	Агробиологические характеристики	Технология обработки почвы		
		традиционная технология (контроль)	минимальная технология	нулевая технология
1	Высота растения, см	76,6	92,2	87,6
2	Длина колоса, см	7,6	8,2	9,3
3	Число зерен в колосе, шт.	17,8	22,0	20,9
4	Число стеблей, шт./ м ²	418	426	418
5	Продуктивность одного колоса, г	6,7	1,2	1,1
6	Продуктивная кустистость	1,8	2,7	2,3

При анализе агробиологических характеристик ярового ячменя при различных технологиях обработки почвы нами установлено, что наибольшая густота растений к уборке была при минимальной обработке почвы - 426 шт./м², что на 8 шт./м² превышает показатели при традиционной и нулевой обработках. Высокая продуктивная кустистость по всем вариантам технологии обработки почвы наблюдалась при минимальной обработке почвы и составила 2,7 при числе зерен в колосе – 22,0 шт. Таким образом, мы разработали элементы ресурсосберегающей технологии возделывания ярового ячменя для условий Западно-Казахстанской области в четырехпольном севообороте с использованием яровой пшеницы без осенней обработки почвы.

В результате комплексных исследований было определено, что в среднем за 2022-2023 годы технологии возделывания ярового ячменя с применением технологии обработки почвы обеспечивали урожайность зерна на

уровне 8,6; 11,8; 9,9 ц/га в зависимости от обработки почвы. Биоэнергетическая оценка эффективности возделывания ярового ячменя обработки почвы показала, что содержание энергии в урожае по вариантам традиционная технология составила от 81,11 ГДж/га на контроле до 85,06 ГДж/га в варианте нулевая технология, причём совокупные энергетические затраты по технологии увеличивались с 12,42 ГДж/га до 18,04 ГДж/га или на 59% [18].

Энергоёмкость продукции является более стабильным показателем, что позволяет с высокой степенью достоверности учитывать затраты на производство единицы продукции. Показатель энергоёмкости продукции при традиционной технологии находился в пределах 2,52–3,49 ГДж/т, увеличиваясь по изучаемым вариантам от 10 до 60%. Урожайность варьировала от 8,6 до 11,8%, что повлияло на коэффициент энергетической эффективности: при контроле он составлял 5,4–5,9, а при минимальной обработке почвы – 6,5.

Таблица 10 - Биоэнергетическая оценка эффективности технологии возделывания озимого ячменя в зависимости от технология обработки почвы, среднее за 2022-2023 гг.

Технология обработки почвы	Энергосодержание урожая, ГДж/га	Совокупные энергетические затраты, ГДж/га	Чистый энергетический доход, ГДж/га	Энергоёмкость продукции, ГДж/т	Коэффициент энергетической эффективности
Традиционная технология (контроль)	81,11	12,42	68,69	2,52	5,4
Минимальная технология	87,69	16,29	71,40	3,06	6,5
Нулевая технология	85,06	18,04	67,02	3,49	5,9

Биоэнергетическая оценка эффективности технологии возделывания ярового ячменя за каждый год исследований в зависимости от технология обработки почвы.

Таким образом, энергетический анализ эффективности обработки почвы при возделывании ярового ячменя показывает, что на единицу произведённой продукции затрачивается в несколько раз меньше энергии.

Эффективность минимальной обработки резко возрастает по мере изменения природно-климатических условий в сторону засушливости. Уборка урожая началась во второй декаде сентября 2023 года. Уборка по минимальной технологии проводилась на повышенном срезе с равномерным разбрасыванием соломы по полю, при этом категорически не допустима уборка с копнением или укладкой соломы в валки. Яровой ячмень убирают прямым комбайнированием или раз-

дельным способом. Прямое комбайнирование применяют при низком стеблестое, на изреженных, чистых от сорняков и без подгонов (незрелой массы) посевах в фазу полной спелости. При густоте стеблестоя 418-426 шт./м³ и высоте растений не менее 76 см при наличии подгона уборку проводят раздельным способом в начале восковой спелости. Обмолот валков начинают при достижении влажности зерна не менее 18%. В условиях неравномерного созревания зерновых, применялась десикация посевов. При этом применяются гербициды сплошного действия с целью снижения потерь при уборке и уничтожения сорняков.

Многочисленные данные полевых опытов отечественных и зарубежных исследователей подтверждают, что эффективность минимальной обработки почвы значительно возрастает с увеличением засушливости природно-климатических условий.

Таблица 11 - Урожайность зерна ярового ячменя (сорт Донецкий 8) в зернопаровом 4-х польном севообороте в зависимости от технологии возделывания, ц/га (среднее за 2022-2023 гг.)

Место ячменя в севообороте	Технологии обработки почвы		
	традиционная технология	минимальная технология	нулевая технология
3-я КПП	8,6	11,8	9,9
Примечание: КПП – культура после пара			

Анализируя данные таблицы 11, можно заметить, что наибольшая урожайность ячменя была зафиксирована при минимальной технологии обработки почвы, которая в среднем составила 11,8 ц/га, наименьшая урожайность ячменя при традиционной технологии обработки почвы - 8,6 ц/га, при нулевой обработке почвы урожайность составила в среднем 9,9 ц/га.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Главное преимущество минимальных и нулевых технологий в экономическом смысле заключается в существенном повышении производительности труда, увеличении прибыльности и снижению себестоимости произведённого зерна, а в технологическом смысле минимализация обработки почвы сокращает длительность проведения работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азизов З.М. Ресурсосберегающие приемы и системы основной обработки почвы в зернопаровых севооборотах засушливой черноземной степи Поволжья// Достижения науки и техники АПК. - 2008. - № 1. - С. 15-17.
2. Безуглов В.Г., Гафуров Р.М. . Минимальная обработка почвы// Земледелие. - 2002. - № 4. - С. 21-22.
3. Борин А.А. Обработка почвы и урожайность культур севооборота// Земледелие. - 2009. - №7. - С. 22-23.
4. Буянкин Н.И., Слесарев В.Н., Краснопёров А.Г. Ключевые показатели минимализации обработки// Земледелие. - 2004. - №4. - С. 14-15.
5. Вострухин Н. П. Безотвальная обработка почвы в севообороте. Научные исследования и практическое применение . - Москва: Огни, 2013.- 111 с.
6. Гармашов В.М. Минимализация обработки почвы в Центрально Черноземной зоне// Земледелие. - 2007. - №6.-С. 8-10.
7. Гуреев И.И. Минимализация обработки почвы и уровень ее допустимости// Земледелие. - 2007. - №4. - С. 25-28.
8. Дудкин И.В., Дудкина Т.А. Ресурсосберегающие технологии обработки почв в адаптивном земледелии: сб. науч. ст. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. М.: Изд-во РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева; 2010. - С. 289-297.
9. Иванов В. М. No-till как разновидность консервативной обработки почвы// Современные наукоемкие технологии. – 2007. – № 12. – С. 31–32.
10. Каличкин В.К. Минимальная обработка почвы в Сибири Текст// Земледелие. 2008. - № 5. - С. 81.
11. Корчагин В. А. Ресурсосберегающая технология возделывания зерновых культур: науч.-практ. пособие. – Самара: НИИСХ, 2005. – 83 с.
12. Макаров В. И. Приемы обработки почвы под яровой ячмень// Земледелие. – 2010. – № 6. – С. 19–21.
13. Шершнева О.М. Эффективность технологий возделывания ярового ячменя с различным уровнем биологизации и ресурсосбережения// Ресурсосберегающие технологии обработки почвы в адаптивном земледелии (материалы Всероссийской научно-практической конференции): сб. науч. тр. - М.: Изд-во РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева, 2010. - С. 279-288.
14. Шарков И.Н. Минимализация обработки и ее влияние на плодородие почвы// Земледелие. - 2009. - №3. - С. 24-27.

15. Ягофаров Р.Ф. Минимализация обработки почвы под ячмень в зернопаровом севообороте на чернозёмах южных Оренбургской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Оренбург, 2004. – 24 с.
16. Развитием растений ячменя по методике государственного сортоиспытания Сельскохозяйственных культур – М: - 1989. - Вып 2. - 250 с.
17. Кузнецова Т.Е. Селекция ячменя на устойчивость к болезням, КНИИСХ. – Краснодар: Просвещение-Юг. – 2006. – 288 с.
18. Трубилин И.Т. Биоэнергетическая оценка агротехнических приемов и ресурсосберегающих технологий в растениеводстве / КубГАУ. – Краснодар, 1995. – 66 с.

REFERENCES

1. Azizov, Z.M. Resource-saving techniques and systems of primary tillage in grain-fallow crop rotations of the arid chernozem steppe of the Volga region// Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. - 2008. - № 1. - S. 15-17.
2. Bezuglov V.G., Gafurov R.M. Minimum tillage// Agriculture. - 2002. - №4. - S.21-22.
3. Borin, A.A. Tillage and crop yields in crop rotation// Agriculture. - 2009. - № 7. - S. 22-23.
4. Buyankin N.I. Key indicators of tillage minimization// Agriculture. - 2004. - № 4. - S. 14-15.
5. Vostrukhin, N. P. Non-moldboard tillage in crop rotation. Scientific research and practical application. - Moscow: Ogni, 2013. - 111 s.
6. Garmashov, V.M. Minimization of soil cultivation in the Central Black Earth Zone// Agriculture. - 2007. - №6. - S. 8-10.
7. Gureev, I.I. Minimization of soil cultivation and the level of its permissibility// Agriculture. - 2007. - № 4. - S. 25-28.
8. Dudkin I.V., Dudkina T.A. Resource-saving technologies of soil cultivation in adaptive agriculture: collection of scientific articles. Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference. Moscow: Publishing house of the Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev; 2010. - S. 289-297.
9. Ivanov, V. M. No-till as a type of conservative soil cultivation// Modern science-intensive technologies. - 2007. - № 12. - S. 31-32.
10. Kalichkin, V.K. Minimum tillage in Siberia Text// Agriculture. - 2008. - №5. - S. 81.
11. Korchagin, V. A. Resource-saving technology of grain crop cultivation: scientific and practical. manual. - Samara: Research Institute of Agriculture, 2005. - 83 s.
12. Makarov, V. I. Methods of soil cultivation for spring barley// Agriculture. - 2010. - № 6. - S. 19-21.
13. Shershneva, O. M. Efficiency of spring barley cultivation technologies with different levels of biologization and resource conservation// Resource-saving soil cultivation technologies in adaptive agriculture (Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference): collection of scientific papers - Moscow: Publishing house of the Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev, 2010. - S. 279-288.
14. Sharkov, I. N. Minimization of tillage and its impact on soil fertility// Agriculture. - 2009. - № 3. - S. 24-27.
15. Yagofarov, R.F. Minimization of tillage for barley in grain-fallow crop rotation on southern chernozems of the Orenburg region: author's abstract. dis. ... candidate of agricultural sciences.- Orenburg, 2004. - 24 s.

16. Development of barley plants according to the methodology of state variety testing of agricultural crops - M: - 1989. - Issue 2. - 250 s.
17. Kuznetsova T.E. Selection of barley for resistance to diseases. KNIISKH. - Krasnodar: Prosveshchenie-Yug. - 2006. - 288 s.
18. Trubilin I.T. Bioenergetic assessment of agrotechnical methods and resource-saving technologies in plant growing / KubSAU. - Krasnodar, 1995. - 66 s.

ТҮЙІН

Г.А. Мырзабаева^{1*}, К.Т. Абаева^{1*}, Е.С. Әбілдаев¹, А.К. Игембаева¹, А.Б. Сламбаева¹

БАТЫС ҚАЗАҚСТАН ОБЛЫСЫНЫҢ ЖАҒДАЙЫНДА ЖАЗДЫҚ АРПА ӨСІРУДЕГІ
РЕСУРС ҮНЕМДЕУ ТОПЫРАҚ ӨНДЕУ ТЕХНОЛОГИЯСЫНЫҢ ТИІМДІЛІГІ

¹Қазақ Ұлттық Аграрлық Зерттеу Университеті, 050010, Алматы қ, Абай даңғылы 8, Қазақстан, *e-mail: myrzabaeva60@mail.ru, abaeva1961@mail.ru

Ресурс үнемдейтін технологиялардың тиімділігі қарастырылады, ол өзара байланысты факторлардың жиынтығы: жаздық арпаның белгілі бір жиынтығы, ауыспалы егіс, ауыл шаруашылығы техникасының жүйесі, жергілікті табиғи-климаттық жағдайларды ескере отырып, топырақты бастапқы және егіс алдындағы өңдеуді, егістіктердің фитосанитарлық жай-күйі, минералды тыңайтқыштарды және т.б. Осыған орай, қазіргі уақытта өте өзекті мәселелердің бірі – ауыл шаруашылығының құрама техникалары мен құралдарын пайдалана отырып, топырақты өңдеудің ресурсты үнемдейтін технологиясын қолдану арқылы, оның ішінде топырақ өңдеуді барынша азайту арқылы оны өндіруге кететін шығынды уақытында азайта отырып, жаздық арпаның өнімділігін арттыру. Зерттеудің мақсаты Батыс Қазақстан облысының жағдайында жаздық арпа өсірудің дәстүрлі және ресурсты үнемдейтін (минималды және нөлдік) технологияларына салыстырмалы агротехникалық баға беру болды. Ғылыми зерттеу жұмыстарымыз жаздық арпаны өсіру технологиясын қолданыда барлық материалдық-техникалық ресурстарды барынша шоғырландыру, тиімді пайдалануға және ғылымның соңғы жетістіктері мен озық тәжірибелерді кеңінен қолдануға негізделген. Бұл ретте, қолданылатын топырақты өңдеу жүйелері мен өсімдіктерді химиялық қорғау тәсілдерімен ресурсты үнемдеумен қатар, экологиялық таза өнім алу керектігі дәлелденді. Біздің зерттеулеріміздің нәтижесінде Батыс Қазақстан облысының жағдайында жаздық арпа өсіруге арналған ресурс үнемдейтін топырақты өңдеу технологиясының агроэкологиялық тиімділігі анықталды.

Түйінді сөздер: ресурс үнемдеу технологиясы, өну, топырақ жамылғысы, топырақ өңдеу жүйесі, дәстүрлі, минималды, нөлдік өңдеу.

SUMMARY

G.A. Myrzabaeva^{1*}, K.T. Abaeva^{1*}, E.S. Abildaev¹, A.K. Igembaeva¹, A.B. Slambaeva¹

EFFICIENCY OF RESOURCE-SAVING SOIL CULTIVATION TECHNOLOGY IN CULTIVATION
OF SPRING BARLEY IN THE CONDITIONS OF THE WEST KAZAKHSTAN REGION

Kazakh National Agrarian Research University, 050010, Almaty, Abai, 8, Kazakhstan,

**e-mail: myrzabaeva60@mail.ru, abaeva1961@mail.ru*

The efficiency of resource-saving technologies, which depends on a set of interrelated factors: crop rotation with a certain set and alternation of spring barley, a system of agricultural machinery, a combination of primary and presowing soil cultivation taking into account local natural and climatic conditions, the phytosanitary condition of fields, the balance of mineral nutrition elements of plants in the soil, etc. In this regard, at present, a very urgent task is to increase the yield of spring barley while simultaneously reducing the costs of its production, through the use of resource-saving cultivation technology, including minimizing soil cultivation, using combined agricultural machines and tools. It has been proven that the applied soil cultivation systems and methods of chemical plant protection not only contribute to the saving of

resources, but also ensure the production of environmentally friendly products. The aim of the study was a comparative agrotechnical assessment of traditional and resource-saving (minimum and zero) technologies for cultivating spring barley in the conditions of the West Kazakhstan region. Our scientific research is based on maximum concentration and efficient use of all material and technical resources, as well as on the wide application of the latest scientific achievements and advanced experience in the technology of spring barley cultivation. As a result of our research, the agroecological efficiency of resource-saving soil cultivation technology for growing spring barley in the conditions of the West Kazakhstan region was established.

Keywords: resource-saving technology, germination, soil cover, soil cultivation system, traditional, minimum, zero tillage.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. Мырзабаева Гулнар Азимбаевна – профессор кафедры Агрономия, селекция и биотехнология, кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: myrzabaeva60@mail.ru

2. Абаева Курманкуль Тулетаевна – профессор кафедры Лесные ресурсы, охотоведение и рыбное хозяйство, доктор экономических наук, e-mail: abaeva1961@mail.ru

3. Абилдаев Ержан Советбекович - ассоциированный профессор кафедры Почвоведения, агрохимия и экология, PhD, e-mail: e-abildaev@mail.ru

4. Игембаева Айнур Канатовна – старший преподаватель кафедры Земельных ресурсов и кадастра, PhD, e-mail: a555_muslima@mail.ru

5. Сламбаева Адина Болатовна – ассистент кафедры Лесные ресурсы, охотоведение и рыбное хозяйство, магистр, e-mail: a.slambaeva.b@mail.ru

Главный редактор

Б.У. Сулейменов

Редакционная коллегия:

Р.Х. Рамазанова (заместитель главного редактора), А.В. Козлов (Россия),
М.Г. Мустафаев (Азербайджан), Т.Ф. Персикова (Беларусь),
М.В. Филипова (Болгария), Б.М. Амиров, М.А. Ибраева,
А.А. Курманбаев, Г.А. Токсеитова (ответственный секретарь),
М.Т. Егізтай (компьютерная верстка)

Тираж 200 экз.

Индекс 74197

