

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ОҢТҮСТІК-ШЫҒЫСЫНДАҒЫ АШЫҚ ҚАРА ҚОҢЫР ТОПЫРАҚТА МИНЕРАЛДЫ ТЫҢАЙТҚЫШТАР МЕН КӨНДІ ҰЗАҚ МЕРЗІМДІ ҚОЛДАНУ ӘСЕРІНЕН ҚАРАШІРІК ҚҰРАМЫНЫҢ ӨЗГЕРУ ЗАҢДЫЛЫҚТАРЫ

Жусупбеков Е.К.*, ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты
erbol.zhusupbekov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9177-8982>

Гусев В.Н., ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты
e-mail: agfaagro@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7309-5790>

Малимбаева А.Д., ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты
Malimbaeva1903@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3117-042X>

Рустемова К.У., ауыл шаруашылығы ғылымдарының магистрі
Karlignaw_91@bk.ru, <https://orsid.org/0000-0001-5086-2790>

*"Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты" ЖШС, Алматыбақ а.,
Қазақстан*

Аңдатпа. Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы суармалы ашық қара-қоңыр топырағындағы қарашірік құрамына минералды тыңайтқыштар мен түрлі қарқындылықтағы көнді ұзақ уақыт қолданудың әсері зерттелді. Зерттеулер 1991 жылы негізі қаланған ұзақ мерзімді көпфакторлы стационарлық тәжірибеде толық емес факторлық $1/8$ ($4 \times 4 \times 4$), схема бойынша жүргізілді. Тәжірибе 32 нұсқаны екі қайталаудан тұрады. Топырақ үлгілері 0-30 см қабаттан алынып, қарашіріктің құрамы Тюрин әдісімен анықталды. Алынған нәтижелер дисперсиялық регрессиялық талдау әдісімен өңделді. Қарашірік мөлшерін сипаттайтын жоғары детерминация коэффициентіне ие регрессиялық модель алынды ($R^2 = 0.96$). Көнді жеке енгізу қарашіріктің құрамын 2,14-тен 2,42% - ға, яғни 0,28 абсолютті %-ға арттырғаны анықталды. Ал толық минералды тыңайтқыштың (NPK) әсері әлдеқайда төмен болып, бақылау нұсқасының көрсеткішіне жақын болды.

Минералды тыңайтқыштар мен көнді бірге қолдану қарашіріктің ең жоғары деңгейін 2,44%-ға дейін қамтамасыз етті. Көңмен бірге енгізілген азот тыңайтқыштары қарашіріктің жиналуына оң әсерді әлсіретті. Ең жоғарғы әсер көнді фосформен бірге қолдану арқылы алынды, бұл жағдайда қарашіріктің мөлшері 2,54% - ға дейін артты, ал фосфор тыңайтқышын жеке қолдану көрсеткіштің 2,07% - ға дейін төмендеуіне әкелді. Фосфор мен калийді бірге қолданғанда қарашіріктің мөлшері 2,18% - ға жетіп, бұл тек фосфор енгізілген нұсқамен салыстырғанда 0,11 абсолюттік пайызға жоғары болды. Зерттеу нәтижелері суармалы ашық қара-қоңыр топырағының қарашірік күйін тұрақтандыруда қолданылатын органикалық заттардың шешуші рөлін растайды және регрессиялық модельдерді қолдана отырып, тыңайтқыштардың осы көрсеткішке ұзақ әсер етуін сандық бағалау мүмкіндігін көрсетеді.

Тірек сөздер: суармалы ашық қара-қоңыр топырағы, қарашірік, көң, минералды тыңайтқыштар, ұзақ стационарлық тәжірибе, регрессиялық талдау.

Кіріспе. Топырақтың қарашіріктік күйі оның құнарлылығының негізгі интегралды көрсеткіштерінің бірі болып табылады, өйткені органикалық заттар негізінен катион алмасу сыйымдылығын, агрегаттық күйді, суды ұстау қабілетін, биологиялық белсенділікті және қоректік заттардың режимін анықтайды [1, 2]. Ұзақ мерзімді агроэкожүйелерде қарашірік құрамының өзгеруі топырақтың агрогендік трансформациясының бағытының және тыңайтқыш жүйелерінің тиімділігінің сенімді көрсеткіші болып табылады. Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы суармалы ашық қара-қоңыр топырақтары үшін бұл мәселе ерекше өзекті, себебі олардың қарашіріктік күйі тыңайтқыштардың, су режимінің және органикалық заттардың минералдану қарқындылығының жиынтық әсерінен қалыптасады [3, 4].

Қарашіріктің құрамы мен динамикасын анықтайтын негізгі факторлардың ішінде

тыңайтқыштар маңызды орын алады. Минералды тыңайтқыштардың қарашіріктің құрамына әсері көбінесе дақылдардың өнімділігі мен аралық-тамыр массасының көлемін өзгерту арқылы жүзеге асырылады, ал бұл әсердің ауырлығы дозаларға, қолдану ұзақтығына және қоректік заттарды қолдану тепе-теңдігіне байланысты [3]. Көң органикалық заттардың тікелей көзі бола отырып, топырақтың органикалық көміртегінің жиналуына және тұрақтануына тұрақты әсер етеді. Жарияланған мәліметтерге сәйкес, көнді енгізу топырақтың органикалық көміртегі қорының орта есеппен 35,4% - ға өсуімен қатар жүрді [5]. Ұзақ тәжірибелерде оны жүйелі қолдану топырақ денсаулығы мен көміртекті тұрақтандыруды жақсартты [6]. Органикалық және минералды тыңайтқыштарды бірге қолданған кезде оларды бөлек қолданғаннан гөрі айқын әсер етуі байқалды [3, 5].

Зерттеулердің едәуір көлеміне қарамастан, Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы суармалы ашық кара-қоңыр топырақтары үшін тыңайтқыштарды ұзақ уақыт қолданудың әсерінен қарашірік құрамының өзгеруінің сандық заңдылықтары, сондай-ақ олардың әсері мен осы көрсеткіштің қалыптасуына өзара іс-қимылының үлесі толық зерттелмеген. Көптеген жұмыстарда сипаттамалық-салыстырмалы тәсіл басым, онда тыңайтқыштың карама-қарсы нұсқалары салыстырылады және осы негізде тиісті тұжырымдар тұжырымдалады. Сонымен қатар, арнайы схема бойынша жасалған ұзақ мерзімді көп факторлы тәжірибелерді жүргізу жекелеген факторлардың күші мен сандық бағытын және олардың нормаларының кең ауқымындағы өзара әрекеттесуін бағалайтын болжамды модельдерді алуға мүмкіндік береді.

Осыған байланысты зерттеудің мақсаты минералды тыңайтқыштар мен көнді ұзақ уақыт қолданудың оларды қолдану нормаларының кең ауқымында Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы суармалы ашық кара-қоңыр топырағындағы қарашірік құрамына әсерін модельдеу және олардың әсері мен өзара іс-қимылын сандық бағалау негізінде зерттеу болып табылады.

Зерттеу материалдар мен әдістері: Зерттеулер 1991 жылы құрылған ұзақ мерзімді көп факторлы стационарлық тәжірибеде жүргізілді, онда азот, фосфор, калий тыңайтқыштары мен көннің 6 полярлы ауыспалы егіс дақылдарының өнімділігіне әсері мен өзара әрекеттесуі зерттелді (жоңышқа егілген арпа, өмірдің екінші жылындағы жоңышқа, өмірдің үшінші жылындағы жоңышқа, күздік бидай, дөңге арналған жүгері, майбұршақ), топырақ құнарлылығы және қоршаған орта жағдайы. Тәжірибе бірнеше оңтайландыру параметрлерін ескере отырып, оңтайлы шешімдерді табу үшін есептеу әдісін қолдануды қарастырады. Тәжірибе схемасы 1/8 (4x4x4x4) толық емес факторлық схема болып табылады, ол екі рет қайталанудың 32 нұсқасын қамтиды және квазилатин квадраты 8x8 түрінде алаңға орналастырылған (1-кесте).

1-кесте – Көп факторлы стационарлық тәжірибе схемасы

I қайталаным							
0000	3311	1131	2220	2022	1333	3113	0202
2200	1111	3331	0020	0222	3133	1313	2002
1331	2020	0200	3111	3313	0002	2222	1133
3131	0220	2000	1311	1113	2202	0022	3333
II қайталаным							
2022	1333	3113	0202	0000	3311	1131	2220
0222	3133	1313	2002	2200	1111	3331	0020
3313	0002	2222	1133	1331	2020	0200	3111
1113	2202	0022	3333	3131	0220	2000	1311

Схеманы ұсынудың қарапайымдылығы үшін кодтау нұсқалары жасалды. Әр нұсқа төрт таңбалы сан түрінде белгіленді, онда сандардың реті тыңайтқыштардың түрлерін (біріншісі – азот, екіншісі – фосфор, үшіншісі – калий, төртіншісі-көң), ал олардың мәні – тиісті тыңайтқыштың нормасы (0,1,2 немесе 3). Күздік бидай үшін минералды

тыңайтқыштардың бір нормасы $N_{60} P_{60} K_{60}$, көң нормасы 20 т / га құрады, сондықтан 3113 нұсқасы $N_{180}P_{60}K_{60}$ кг/га белсенді зат пен 60 т/га жартылай шіріген көңді енгізуге сәйкес келеді. Учаскенің ауданы 122,4 м² (7,2 × 17,0 м) болды. Графиктерді құру және реакцияны талдау үшін факторлардың кодталған деңгейлерінде регрессиялық модельден алынған есептік мәндер қолданылды.

Топырақ үлгілері органикалық заттар мен минералды коректік заттардың негізгі жинақтау аймағы ретінде 0-30 см қабаттан алынды.

Іріктеу әр учаскенің үш нүктесінен жүргізілді, содан кейін орташа сынамаға біріктірілді. Үлгілерді дайындау, оның ішінде ауа-құрғақ күйге дейін кептіру, бөгде қоспаларды жою және елеу ГОСТ 17.4.4.02–2017 талаптарына сәйкес орындалды [7]. Зертханалық сынақтар өзінің аккредиттелген зертханасында орындалды (№KZ аккредиттеу аттестаты.Т. 04.1405 " 29 " қараша 2023). Органикалық заттардың (қарашіріктің) құрамы ГОСТ 26213-91 сәйкес фотометриялық аяқталатын Тюрин әдісімен анықталды [8]. Талдаулар үш аналитикалық қайталануда жүргізілді. Тәжірибеде карбамид ($CO(NH_2)_2$), аммоний нитраты (NH_4NO_3), аммофос ($NH_4H_2PO_4$), калий хлориді (KCl) және ірі қара көңі қолданылды. Тәжірибе учаскелесінің топырағы ашық қара-қоңыр орташа сазды. Егістік топырақ қабатының бастапқы агрохимиялық қасиеттері (1991) 2-кестеде келтірілген.

2-кесте – Тәжірибелік учаскенің егістік (0-30 см) топырақ қабатының бастапқы агрохимиялық сипаттамасы

топырақ массасының %					рН (KCl)	мг/кг	
Қарашірік	Жалпы N	Жалпы P_2O_5	Жалпы K_2O	$CaCO_3$		P_2O_5	K_2O
2,38	0,108	0,163	1,73	2,5	7,8	27,6	310

Аммофос, калий хлориді және карбамид топырақтың негізгі өңделуіне, аммоний нитраты ерте көктемгі тыңайтқышқа енгізілді. Көң ауыспалы егістің айналымы бір рет, отамалы дақылдар буынында дөңдік жүгері астына енгізілді, ал қалған дақылдар оның кейінгі әсері аясында өсірілді. 1991-2025 жылдардағы жартылай шіріген ірі қара малдың орташа химиялық құрамы 3-кестеде келтірілген.

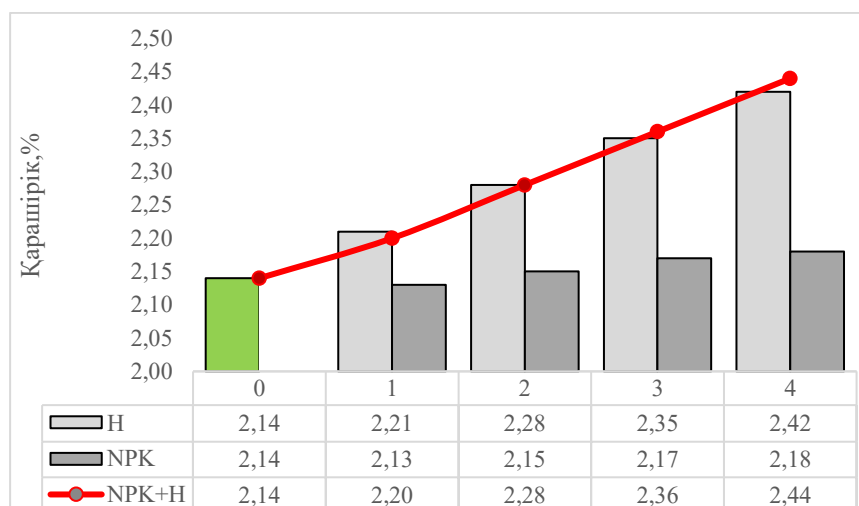
3-кесте – Көңнің құрамындағы шикі зат пайызы

Ылғалдылық	Күл	Органикалық заттар	Азот		P_2O_5	K_2O
			жалпы	аммиак		
57,4	47,3	10,1	0,25	0,06	0,43	2,43

Эксперименттік деректерді статистикалық өңдеу Б. А. Доспехов [9] және В. Н. Перегудов [10] бойынша дисперсиялық регрессиялық талдау әдісімен жүргізілді. Модельдердің сапасы детерминация коэффициенті (R^2) және орташа квадраттық қате бойынша бағаланды. Регрессиялық модельдерді құру үшін қолданылған бақылаулардың жалпы саны 64 болды, бұл тәжірибе нұсқаларының санына сәйкес келді.

Нәтижелер және талқылау. Ауыспалы егістің төртінші айналымының соңында минералды және органикалық тыңайтқыштардың қарашірік құрамына ұзақ уақыт әсер етуінің сандық заңдылықтарын анықтау үшін, орта есеппен екі егістікте, егін жинау кезінде оның мазмұны туралы нақты деректер пайдаланылды. Регрессиялық талдау негізінде $y=2,14+0,069$ $H-0,034$ $P-0,52(NH)0,5+0,096P0,5+0,28(KP)0,5+0,48(PH)0,5$ зерттелетін көрсеткішке тыңайтқыштардың күшін, әсерін және өзара әрекеттесуін сипаттайтын өндірістік функциясы алынды. Алынған теңдеудің бірнеше детерминациясының жоғары коэффициенті (R^2 - 0,96) тыңайтқыштардың топырақтағы қарашірік құрамына әсерін түсіндіру үшін есептелген мәндерді қолдануға мүмкіндік береді.

Минералды тыңайтқыштар мен көңді ұзақ уақыт қолданудың топырақтағы қарашірік құрамына әсері 1-суретте келтірілген.



1-сурет – Минералды тыңайтқыштар мен көнді ұзақ уақыт қолданудың топырақтың 0-30 см қабатындағы қарашірік құрамына әсері

Топырақтың 0-30 см қабатындағы қарашіріктің мөлшері көбінесе көнді енгізу және оның минералды тыңайтқыштармен үйлесу сипатымен анықталды. Көң нормасының ұлғаюы қарашірік құрамының 2,14-2,42% - дан, яғни 0,28 абсолюттік %-ға артуын қамтама-сыз етті. Әр 10 т/га көңге есептегенде қарашіріктің өсуі орта есеппен 0,035%-ды құрады.

Толық минералды тыңайтқышты (NPK) жыл сайын қолдану қарашірік құрамының айтарлықтай өсуін қамтамасыз етпей, оны негізінен бақылау нұсқасына жақын деңгейде сақтады. Минералды тыңайтқыштардың бір нормасы $N_{60}R_{60}K_{60}$ енгізу (1111 нұсқа) тіпті бақылауға қатысты қарашірік құрамының 0,01% төмендеу тенденциясымен қатар жүрді. Алынған заңдылықтар суармалы күнгірт кара-қоңыр топырақтарындағы [11] ұзақ мерзімді зерттеулердің деректеріне сәйкес келеді, мұнда тыңайтқышсыз қарашірік мөлшері 2,13%-ға дейін төмендеді, NPK қолданған кезде негізінен бастапқы деңгейге жақын деңгейде сақталды (2,26%), ал минералды тыңайтқыштар мен көнді бірге қолданған кезде 2,36% - ға дейін өсті. Еділ бойындағы топырақтың сол түріне жалпыланған шолуда қарашіріктің ең тұрақты өсуін көң және оның минералды тыңайтқыштармен үйлесуі қамтамасыз ететіндігі көрсетілген, ал кейбір минералды тыңайтқыштардың әсері онша айқын болмады [12].

Зерттелетін мөлшерлер ауқымында толық минералды тыңайтқыштар мен көнді бірлесіп қолдану айқын өзара әрекеттесу әсерін туындатқан жоқ. Тыңайтқыштарды бірге енгізген кезде қарашірік құрамының нақты өсімі олардың жеке қолданылуынан күтілетін болжамды әсерге тең немесе одан сәл төмен болды, Бұл 4-кестенің деректерімен айқын расталады.

4-кесте – Минералды тыңайтқыштар мен көннің әртүрлі мөлшерлерінің топырақтағы қарашірік құрамының өзгеруіне әсері мен өзара әрекеттесуі

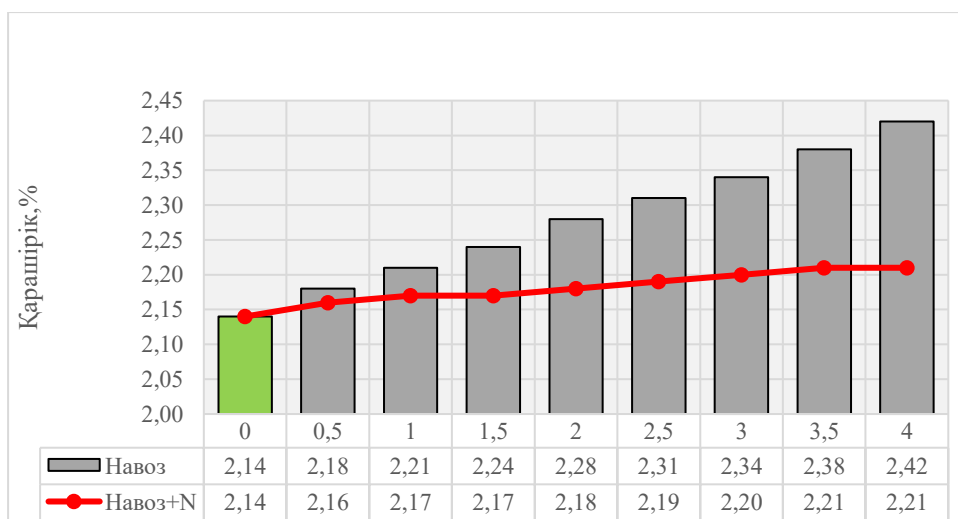
Тәжірибе нұсқалары	Бақылауға қатысты қарашірік құрамының өзгеруі, %			
	Бөлек енгізу			Бірлескен енгізу
	NPK	Навоз	Сумма	
1111	-0,01	0,07	0,06	0,06
2222	0,01	0,14	0,15	0,14
3333	0,03	0,21	0,24	0,22
4444	0,04	0,28	0,32	0,30

Осылайша, NPK мен көнді бірлесіп қолдану қарашіріктің жоғары абсолютті деңгейін

қамтамасыз етті, алайда олардың арасында өзара күшейту әсері байқалмады.

Жеке енгізілген азот және калий тыңайтқыштары оның құрамына айтарлықтай әсер етпеді, бұл олардың теңдеуде көрініс таппауымен расталады. Алайда оларды бірлесіп енгізу бұл көрсеткішті қандай да бір жолмен өзгертті және әсерінің күші мен бағыты бойынша біркелкі болмады. 2-суретте азот тыңайтқышын көңмен бірге қолданған кезде қарашірік құрамының өзгерісін сипаттайтын есептік деректер келтірілген. Нәтижелер азотты көңмен бірге енгізу органикалық тыңайтқыштың қарашірікті сақтау әсерін күшейтпегенін, керісінше әлсіреткенін көрсетті. Мәселен, көң мөлшерін арттырғанда қарашіріктің құрамы 2,14-тен 2,42% - ға, яғни 0,28 абсолюттік пайызға өсті. Ал көнді азот тыңайтқышымен қолданғанда бұл өсім небәрі 0,07 абсолюттік пайызды құрады. Факторлардың жоғары деңгейінде көрсеткішті тұрақтандыру үрдісі байқалды.

Аталған нәтижелер негізінен әдеби деректерге сәйкес келеді. Ұзақ мерзімді тәжірибелерге жасалған шолулар азот тыңайтқыштарының топырақтағы органикалық көміртегі құрамына әсері ауылшаруашылық тәжірибелері арасында ең төмен деңгейде болғанын, ал көңнің әсері анағұрлым айқын байқалғанын көрсетеді [13]. Сонымен қатар, дала экожүйесінде топырақты ұзақ уақыт азотпен байыту минералдармен байланысқан органикалық көміртек мөлшерін арттырғанымен, дискретті органикалық заттар құрамындағы көміртектің азаюын өтей алмады. Соның салдарынан топырақтағы органикалық көміртектің жалпы қоры төмендеген [14]. Модельдік тәжірибелерде де [15] азот енгізу органикалық заттардың жылжымалы фракциясының ыдырауын күшейтетіні, ал минералды фракциялардың оған әлдеқайда әлсіз жауап беретіні анықталған.



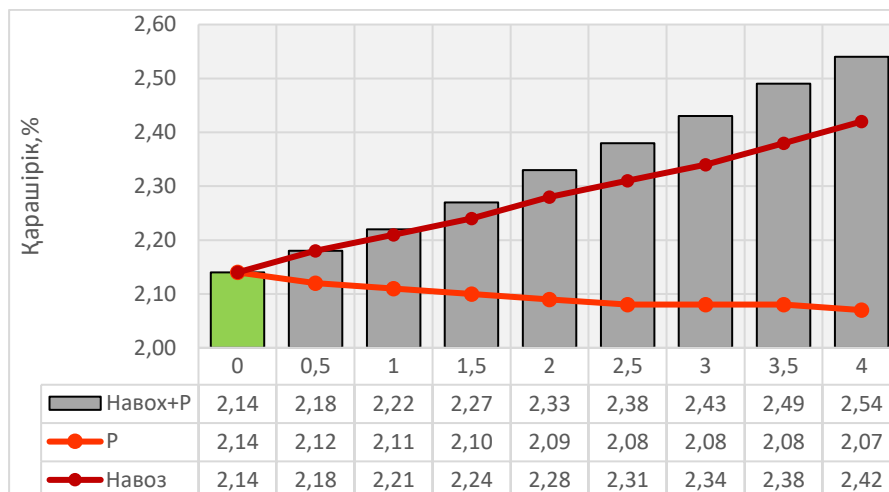
2-сурет – Көңнің әртүрлі мөлшері аясында азот тыңайтқыштары нормасының артуының топырақтың 0-30 см қабатындағы қарашірік құрамына әсері

Тұтастай алғанда, бұл нәтижелер азотпен қоректену аясында көң әсерінің әлсіреуін топырақтағы органикалық заттардың тұрақсыз формаларының жеткіліксіз сақтауының ықтимал салдары ретінде қарастыруға негіз береді.

3-суретте фосфор тыңайтқышын жеке және көңмен бірге қолданған кездегі қарашірік құрамының әсерін сипаттайтын мәліметтер келтірілген.

Фосфор тыңайтқышының қарашірік құрамына әсері органикалық фонға тәуелді болды. Егер көнді жеке енгізу қарашірік құрамын 2,42% - ға дейін арттырса, фосфор тыңайтқышын жеке қолдану, керісінше, оның мөлшерін бақылау нұсқасымен салыстырғанда 2,07% - ға дейін төмендетті. Көң мен фосфор тыңайтқыштарын бірге қолданған кезде қарашірік мөлшерінің ең жоғары өсімі байқалады және бұл әсер тыңайтқыш мөлшері артқан сайын күшейе түсті. Демек, фосфор тыңайтқышының қарашіріктік күйге оң ықпалы тек органикалық фон жағдайында ғана айқын көрінді. Ұқсас ұқсастық әдеби деректерде де келтірілген: көң мен минералды фосфорды бірлесіп қолдану оларды әрқайсысын жеке

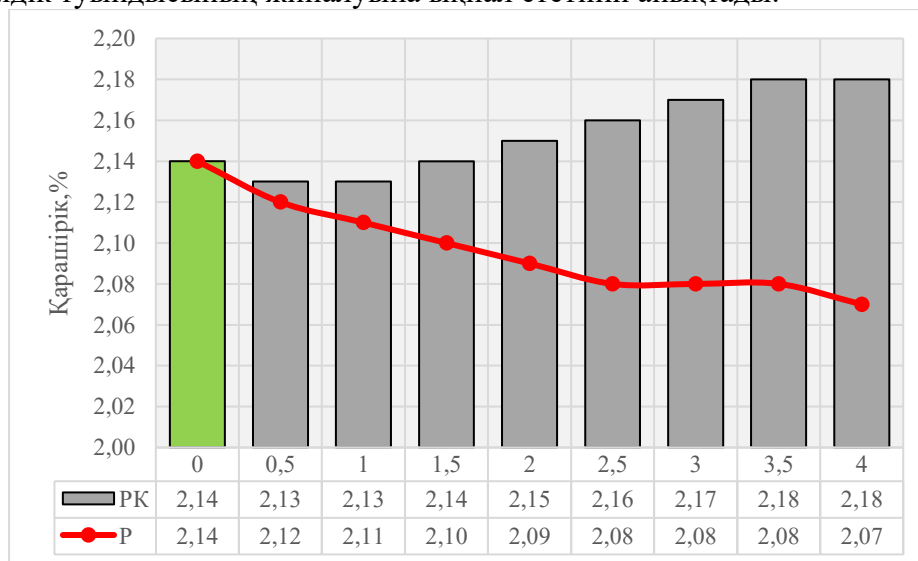
енгізуге қарағанда анағұрлым тиімді болуы мүмкін [12,13,16].



3-сурет – Көңнің әртүрлі мөлшерлері аясында фосфор тыңайтқышының өсіп келе жатқан нормаларының топырақтың 0-30 см қабатындағы қарашірік құрамына әсері

Калий мен фосфор тыңайтқыштарының өзара әрекеттесуінің топырақтағы қарашіріктің құрамына әсері туралы алынған мәліметтер ерекше қызығушылық тудырады (4-сурет). Егер калийді жеке енгізу бұл көрсеткішке дәлелденетін әсер етпесе, ал тек фосфорды жеке енгізу оның төмендеуімен қатар жүрсе, онда оларды бірге қолдану тыңайтқыштардың төмен дозалары аясында аздаған ауытқулармен болсада, қарашірік құрамының біртіндеп 2,18% - ға дейін өсуіне әкелді, бұл фосфор нұсқасының көрсеткіштерінен 0,11 абсолюттік пайызға жоғары.

Алынған нәтижелер, әдетте, әдеби көздерге сәйкес келеді, дегенмен қарашіріктің құрамына фосфор мен калий тыңайтқыштарының өзара әрекеттесуі бойынша қарастырылып отырған топырақ түріне арналған тікелей жұмыстарды анықтау мүмкін болмады. Метаталдауда [17] көп компонентті минералды қоректену, жалпы алғанда, топырақтағы органикалық көміртегі қорын арттырады, ал ең айқын әсер калийдің орташа дозаларында және топырақтың фосформен жоғары қамтамасыз етілуінде байқалады. Ұзақ тәжірибеде [18] сонымен қатар топырақтың фосфор мен калиймен қамтамасыз етілуінің жоғарылауы микробтық биомассаның күйін өзгертетінін және калийдің қосылуы органикалық көміртектің өсімдік туындысының жиналуына ықпал ететінін анықтады.



4-сурет – Фосфор мен калий тыңайтқыштарының әртүрлі мөлшерлерінің топырақтың 0-30 см қабатындағы қарашіріктің құрамына әсері

25 жылдық далалық тәжірибеде [19] минералды тыңайтқыштардың барлық нұсқалары, соның ішінде фосфор-калий нұсқалары, қоректендірілмеген нұсқамен салыстырғанда топырақта органикалық көміртегі мөлшері жоғары болды, дегенмен ең жоғары әсерге минералды және органикалық тыңайтқыштарды біріктіру арқылы қол жеткізілді. Сондықтан зерттеліп отырған жағдайларда фосфор-калий тыңайтқышының әсерін орташа, бірақ оң деп бағалауға болады.

Қорытынды. Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы суармалы ашық кара-қоңыр топырағындағы жүргізілген ұзақ мерзімді көп факторлы стационарлық тәжірибеде 0 – 30 см қабаттағы қарашіріктің мөлшері көбінесе көнді енгізу және оны минералды тыңайтқыштармен біріктіру сипатымен анықталды. Алынған регрессиялық модельдің детерминациялық коэффициенті жоғары ($R^2 = 0.96$), бұл тыңайтқыштардың қарашірік құрамына әсерін және олардың өзара әрекеттесуін сандық тұрғыдан бағалау үшін модельдің жоғары ақпараттық мәнін көрсетеді.

Қарашіріктің құрамына ең айқын оң әсер көнді жеке енгізу болды. Факторлардың есептік диапазонында қарашіріктің мөлшері 2,14-тен 2,42% - ға дейін, яғни 0,28 абсолюттік пайызға артты, бұл ретте әрбір 10 т/га көнді енгізу 0-30 см топырақ қабатында қарашірік құрамының орта есеппен 0,035% - ға ұлғаюымен қатар жүрді. Толық минералды тыңайтқышты (NPK) жыл сайын қолдану айтарлықтай төмен тиімділік көрсетті және қарашірік мөлшерін 2,13-2,18% аралығында ғана сақтады. $N_{60}P_{60}K_{60}$ бір нормасы кезінде тіпті бақылаумен салыстырғанда көрсеткіштің 0,01% төмендеу үрдісі байқалды.

Толық минералды тыңайтқыштар мен көндердің өсіп келе жатқан нормаларын бірлесіп қолдану қарашіріктің жоғары абсолюттік деңгейін қамтамасыз етті - 2,44% дейін, бірақ өзара әрекеттесудің оң әсерімен бірге жүрмеді. Бірлесіп қолданған кезде қарашірік құрамының нақты өсуі оларды бөлек енгізудің әсерінің есептік сомасына тең немесе одан сәл төмен болды.

Көңнің өсіп келе жатқан нормалары аясында енгізілген азот тыңайтқыштары органикалық тыңайтқыштың қарашірікті сақтау әсерін күшейтпеді, бірақ оның әлсіреуіне әкелді. Егер көң мөлшерін арттырғанда топырақтағы қарашіріктің мөлшері 2,14-тен 2,42% - ға дейін өссе, ал тыңайтқыш жүйесіне азотты енгізгенде тек 2,21% - ға дейін артқан болса, онда оның өсімі 0,28 абсолюттік пайыздың орнына не бәрі 0,07 абсолюттік пайызды құрады.

Фосфор тыңайтқышы, керісінше, топырақтың қарашірік күйіне тек органикалық фон жағдайында оң әсер етті. Фосфорды жеке қолдану қарашіріктің құрамының 2,14-тен 2,07% - ға дейін төмендеуіне әкелсе, тыңайтқыштарды бірге қолданған нұсқаларда оның мөлшері 2,54% - ға дейін өсті, бұл көрсеткіш тек көң қолданғандықтан 0,12 абсолюттік пайызға жоғары болды.

Қарашіріктің құрамына фосфор мен калий тыңайтқыштарының өзара әсері орташа деңгейде оң нәтиже көрсетті. Оларды бірге қолданғанда қарашіріктің мөлшері 2,18% - ға дейін өсті, бұл тек фосфор енгізген нұсқамен (2,07%) салыстырғанда 0,11 абсолюттік пайызға жоғары болды. Жалпы алғанда, алынған нәтижелер суармалы ашық кара-қоңыр топырағының қарашіріктік күйін сақтау мен арттыруда органикалық заттардың шешуші рөл атқаратынын көрсетеді.

Қаржыландыру. Зерттеу №AP26104031 "Климаттың өзгеруі жағдайында тыңайтқыштарды ұзақ уақыт қолданған кезде топырақтың антропогендік өзгерістерін агроэкологиялық бағалау " жобасы, Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті, Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты шеңберінде орындалды. Авторлар Топырақтану және агрохимия зертханасының ұжымына далалық және зертханалық зерттеулер жүргізуге жәрдемдескені үшін алғыс білдіреді (2025-2027 жж.)

Әдебиеттер:

- [1] **Кононова, М.М.** Органическое вещество почвы, его природа, свойства и методы изучения. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 314 с.
- [2] **Орлов, Д.С.** Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 325 с.
- [3] **Howe, J.A.,** McDonald M. D., Burke J., Robertson Г, Gentry T. J., Coker H., Lewis K. L. Influence of fertilizer and manure inputs on soil health: A review // *Soil Security*. 2024. Vol. 16. Article 100155. <https://doi.org/10.1016/j.soisec.2024.100155>
- [4] **Nunez, A.,** Cotrufo M. F., Schipanski M. Irrigation effects on the formation of soil organic matter from aboveground plant litter inputs in semiarid agricultural systems // *Geoderma*. 2022. Vol. 416. Article 115804. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.115804>.
- [5] **Gross, A.,** Glaser B. Meta-analysis on how manure application changes soil organic carbon storage // *Scientific Reports*. 2021. Vol. 11. Article 5 516. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82739-7>.
- [6] **Das, S.,** Liptzin D., Maharjan B. Long-term manure application improves soil health and stabilizes carbon in continuous maize production system // *Geoderma*. 2023. Vol. 430. Article 116338. DOI: 10.1016/j.geoderma.2023.116338.
- [7] ГОСТ 17.4.4.02-2017. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. – М.: Стандартинформ, 2018.
- [8] ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. М.: Изд-во стандартов, 1992.
- [9] **Доспехов, Б.А.** Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
- [10] **Перегудов, В. Н.** Проведение многофакторных опытов с удобрениями и математический анализ их результатов: методические указания. М.: ВИУА, 1976. 111 с.
- [11] **Gamayunova, V.,** Honenko L., Baklanova T., Pylypenko T. Changes in soil fertility in the southern steppe zone of Ukraine // *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2025. Vol. 26, No. 4. P. 229-236. DOI: 10.12912/27197050/201190.
- [12] **Пронько, В. В.,** Пронько Н. А., Рухович О. В., Беличенко М. В., Романенков В. А., Ярошенко Т. М., Климова Н. Ф., Журавлев Д. Ю. Влияние удобрений на плодородие орошаемых темно-каштановых почв Поволжья и продуктивность сельскохозяйственных культур // *Агрохимия*. 2020. № 6. С. 53-63. <https://doi.org/10.31857/S0002188120060083>
- [13] **Bolinder, M. A.,** Crotty F., Eisen A., Frac M., Kismanyoky T., Lipiec J., Tits M., Toth Z., Katterer T. The effect of crop residues, cover crops, manures and nitrogen fertilization on soil organic carbon changes in agroecosystems: a synthesis of reviews // *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 2020. Vol. 25, No. 6. P. 929-952. <https://doi.org/10.1007/s11027-020-09916-3>
- [14] **Liu, L.,** Yang J., Wang J., Yu Q., Wei C., Jiang L., Huang J., Zhang Y., Jiang Y., Zhang H., Han X. Increase in mineral-associated organic carbon does not offset the decrease in particulate organic carbon under long-term nitrogen enrichment in a steppe ecosystem // *Soil Biology and Biochemistry*. 2025. Vol. 202. Article 109695. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2024.109695>
- [15] **Zheng, Y.,** Jin J., Wang X., Clark G. J., Franks A. E., Tang C. Nitrogen addition increases the glucose-induced priming effect of the particulate but not the mineral-associated organic carbon fraction // *Soil Biology and Biochemistry*. 2023. Vol. 184. Article 109106. DOI: 10.1016/j.soilbio.2023.109106.
- [16] **Reddy, D.D.,** Rao A. S., Rupa T. R. Effects of continuous use of cattle manure and fertilizer phosphorus on crop yields and soil organic phosphorus in a Vertisol // *Bioresource Technology*. 2000. Vol. 75, No. 2. P. 113-118. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(00\)00050-X](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(00)00050-X)
- [17] **Liu, Y.,** Li C., Cai G., Sauheitl L., Xiao M., Shibistova O., Ge T., Guggenberger G. Meta-analysis on the effects of types and levels of N, P, and K fertilization on organic carbon in cropland soils // *Geoderma*. 2023. Vol. 437. Article 116580. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2023.116580>
- [18] **Schwalb, S. A.,** Hemkemeyer M., Christensen B. T., Heinze S., Oliva R. L., Joergensen R. G., Wichern F. Disentangling the effects of mineral fertiliser N, P and K on microbial biomass, necromass and ionome in soil from the Askov long-term field experiment // *Soil Biology and Biochemistry*. 2024. Vol. 191. Article 109449. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2024.109449>
- [19] **Wang, S.-X.,** Liang X.-Q., Luo Q.-X., Fan F., Chen Y.-X., Li Z.-Z., Sun H.-X., Dai T.-F., Wan J.-N., Li X.-J. Fertilization increases paddy soil organic carbon density // *Journal of Zhejiang University-SCIENCE B*. 2012. Vol. 13, No. 4. P. 274-282. <https://doi.org/10.1631/jzus.B1100145>

References:

- [1] **Kononova, M.M.** Organicheskoe veshhestvo pochvy, ego priroda, svojstva i metody izuchenija. – M.: Izd-vo AN SSSR, 1963. – 314 s. [in Russian]
- [2] **Orlov, D.S.** Gumusovye kisloty pochv i obshhaja teorija gumifikacii. – M.: Izd-vo MGU, 1990. – 325 s. [in Russian]
- [3] **Howe, J.A.,** McDonald M. D., Burke J., Robertson G, Gentry T. J., Coker N., Lewis K. L. Influence of fertilizer and manure inputs on soil health: A review // *Soil Security*. 2024. Vol. 16. Article 100155. <https://doi.org/10.1016/j.soisec.2024.100155>
- [4] **Nunez, A.,** Cotrufo M. F., Schipanski M. Irrigation effects on the formation of soil organic matter from aboveground plant litter inputs in semiarid agricultural systems // *Geoderma*. 2022. Vol. 416. Article 115804. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.115804>.
- [5] **Gross, A.,** Glaser B. Meta-analysis on how manure application changes soil organic carbon storage // *Scientific Reports*. 2021. Vol. 11. Article 5 516. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82739-7>.
- [6] **Das, S.,** Liptzin D., Maharjan B. Long-term manure application improves soil health and stabilizes carbon in continuous maize production system // *Geoderma*. 2023. Vol. 430. Article 116338. DOI: 10.1016/j.geoderma.2023.116338.
- [7] GOST 17.4.4.02-2017. Ohrana prirody. Pochvy. Metody otbora i podgotovki prob dlja himicheskogo, bakteriologicheskogo, gel'mintologicheskogo analiza. – M.: Standartinform, 2018.
- [8] GOST 26213-91. Pochvy. Metody opredelenija organicheskogo veshhestva. M.: Izd-vo standartov, 1992.
- [9] **Dospheov, B.A.** Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij). 5-e izd., dop. i pererab. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 s. [in Russian]
- [10] **Peregudov, V. N.** Provedenie mnogofaktornyh opytov s udobrenijami i matematicheskij analiz ih rezul'tatov: metodicheskie ukazaniya. M.: VIUA, 1976. 111 s. [in Russian]
- [11] **Gamayunova, V.,** Honenko L., Baklanova T., Pylypenko T. Changes in soil fertility in the southern steppe zone of Ukraine // *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2025. Vol. 26, No. 4. P. 229-236. DOI: 10.12912/27197050/201190.
- [12] **Pron'ko, V. V.,** Pron'ko N. A., Ruhovich O. V., Belichenko M. V., Romanenkov V. A., Jaroshenko T. M., Klimova N. F., Zhuravlev D. Ju. Vlijanie udobrenij na plodorodie oroshaemyh temno-kashtanovyh pochv Povolzh'ja i produktivnost' sel'skohozjajstvennyh kul'tur // *Agrohimija*. 2020. № 6. S. 53-63. <https://doi.org/10.31857/S0002188120060083>
- [13] **Bolinder, M. A.,** Crotty F., Eisen A., Frac M., Kismanyoky T., Lipiec J., Tits M., Toth Z., Katterer T. The effect of crop residues, cover crops, manures and nitrogen fertilization on soil organic carbon changes in agroecosystems: a synthesis of reviews // *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 2020. Vol. 25, No. 6. P. 929-952. <https://doi.org/10.1007/s11027-020-09916-3>
- [14] **Liu, L.,** Yang J., Wang J., Yu Q., Wei C., Jiang L., Huang J., Zhang Y., Jiang Y., Zhang H., Han X. Increase in mineral-associated organic carbon does not offset the decrease in particulate organic carbon under long-term nitrogen enrichment in a steppe ecosystem // *Soil Biology and Biochemistry*. 2025. Vol. 202. Article 109695. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2024.109695>
- [15] **Zheng, Y.,** Jin J., Wang X., Clark G. J., Franks A. E., Tang C. Nitrogen addition increases the glucose-induced priming effect of the particulate but not the mineral-associated organic carbon fraction // *Soil Biology and Biochemistry*. 2023. Vol. 184. Article 109106. DOI: 10.1016/j.soilbio.2023.109106 .
- [16] **Reddy, D.D.,** Rao A. S., Rupa T. R. Effects of continuous use of cattle manure and fertilizer phosphorus on crop yields and soil organic phosphorus in a Vertisol // *Bioresource Technology*. 2000. Vol. 75, No. 2. P. 113-118. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(00\)00050-X](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(00)00050-X)
- [17] **Liu, Y.,** Li C., Cai G., Sauheitl L., Xiao M., Shibistova O., Ge T., Guggenberger G. Meta-analysis on the effects of types and levels of N, P, and K fertilization on organic carbon in cropland soils // *Geoderma*. 2023. Vol. 437. Article 116580. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2023.116580>
- [18] **Schwalb, S. A.,** Hemkemeyer M., Christensen V. T., Heinze S., Oliva R. L., Joergensen R. G., Wichern F. Disentangling the effects of mineral fertiliser N, P and K on microbial biomass, necromass and ionome in soil from the Askov long-term field experiment // *Soil Biology and Biochemistry*. 2024. Vol. 191. Article 109449. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2024.109449>
- [19] **Wang, S.-X.,** Liang X.-Q., Luo Q.-X., Fan F., Chen Y.-X., Li Z.-Z., Sun H.-X., Dai T.-F., Wan J.-N., Li X.-J. Fertilization increases paddy soil organic carbon density // *Journal of Zhejiang University-SCIENCE B*. 2012. Vol. 13, No. 4. P. 274-282. <https://doi.org/10.1631/jzus.B1100145>

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ГУМУСА В СВЕТЛО-КАШТАНОВОЙ ПОЧВЕ ЮГО-ВОСТОКА КАЗАХСТАНА ПОД ВЛИЯНИЕМ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И НАВОЗА

Е.К.Жусупбеков.*, кандидат сельскохозяйственных наук
В.Н.Гусев., кандидат сельскохозяйственных наук
А.Д. Малимбаева, кандидат сельскохозяйственных наук
К.У.Рустемова, магистр сельскохозяйственных наук

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

Аннотация. Изучено влияние длительного применения минеральных удобрений и навоза различной интенсивности на содержание гумуса в орошаемой светло-каштановой почве юго-востока Казахстана. Исследования выполнены в длительном многофакторном стационарном опыте, заложенном в 1991 г., по неполной факториальной схеме 1/8 ($4 \times 4 \times 4 \times 4$), включающей 32 варианта в двухкратной повторности. Почвенные образцы отбирались из слоя 0-30 см, содержание гумуса определяли по методу Тюрина. Обработку результатов проводили методом дисперсионного регрессионного анализа. Для гумуса получена регрессионная модель с высоким коэффициентом множественной детерминации ($R^2 = 0.96$). Установлено, что самостоятельное внесение навоза обеспечивало повышение содержания гумуса с 2,14 до 2,42%, то есть на 0,28 абс. % тогда как действие полного минерального удобрения (NPK) было значительно слабее и было близким к контрольному варианту. Совместное внесение минеральных удобрений и навоза обеспечивало высокий абсолютный уровень гумуса – до 2,44%. Азотные удобрения, внесенные на фоне навоза, ослабляли его положительное влияние на накопление гумуса. Максимальный эффект получен при совместном внесении навоза с фосфором, где содержание гумуса повышалось до 2,54%, тогда как самостоятельное внесение фосфорного удобрения сопровождалось снижением показателя до 2,07%. При совместном применении фосфора и калия содержание гумуса достигало 2,18%, что на 0,11 абс. % выше, чем в варианте с одним фосфором. Полученные результаты подтверждают решающую роль вносимого органического вещества в стабилизации гумусового состояния орошаемой светло-каштановой почвы и показывают возможность количественной оценки длительного действия удобрений на этот показатель с использованием регрессионных моделей.

Ключевые слова: орошаемая светло-каштановая почва, гумус, навоз, минеральные удобрения, длительный стационарный опыт, регрессионный анализ.

PATTERNS OF CHANGE IN HUMUS CONTENT IN LIGHT CHESTNUT SOIL OF SOUTH-EASTERN KAZAKHSTAN UNDER LONG-TERM APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS AND MANURE

E.K. Zhusupbekov.*, Candidate of Agricultural Sciences
V.N. Gusev., Candidate of Agricultural Sciences
A.D. Malimbayeva., Candidate of Agricultural Sciences
K.U. Rustemova Master of Agricultural Sciences

‘LLP “Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing”, Almalybak settlement, Kazakhstan

Annotation. The effect of long-term application of mineral fertilizers and manure at different intensities on humus content in irrigated light chestnut soil of South-Eastern Kazakhstan was studied. The research was carried out in a long-term multifactorial stationary field experiment established in 1991 according to an incomplete factorial design 1/8 ($4 \times 4 \times 4 \times 4$), including 32 treatments in two replications. Soil samples were taken from the 0-30 cm layer, and humus content was determined by the Tyurin method. The results were processed using analysis of variance and regression analysis. For humus content, a regression model with a high coefficient of multiple determination was obtained ($R^2 = 0.96$). It was established that the application of manure alone increased humus content from 2.14 to 2.42%, i.e. by 0.28 percentage points, whereas the effect of complete mineral fertilization (NPK) was considerably weaker and close to the control treatment. The combined application of mineral fertilizers and manure ensured a high absolute level of humus content, up to 2.44%. Nitrogen fertilizers applied against the background of manure reduced its positive effect on humus

accumulation. The maximum effect was obtained with the combined application of manure and phosphorus, where humus content increased to 2.54%, while the application of phosphorus fertilizer alone was accompanied by a decrease in this indicator to 2.07%. With the combined application of phosphorus and potassium, humus content reached 2.18%, which was 0.11 percentage points higher than in the treatment with phosphorus alone. The results confirm the decisive role of applied organic matter in stabilizing the humus status of irrigated light chestnut soil and demonstrate the possibility of quantitatively assessing the long-term effect of fertilizers on this indicator using regression models.

Keywords: irrigated light chestnut soil, humus, manure, mineral fertilizers, long-term stationary' field experiment, regression analysis.