

Код МРНТИ 87.21.07

Қ.Т. Абдраимова, *Г.Ж. Турметова, Э.К. Ибрагимова, Д.К. Сунакбаева
Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті
(Түркістан қ., Қазақстан)

ФОСФОР ҚОСЫЛЫСТАРЫНЫҢ НЕГІЗІНДЕ ТЕХНОГЕНДІ ЛАСТАНҒАН ТОПЫРАҚТАРДЫ МЕЛИОРАЦИЯЛАУ

Андатпа. Фосфор қосылыстарының көмегімен техногендік ластанған топырақты мелиорациялау антропогендік белсенділік нәтижесінде бұзылған топырақ құнарлылығын қалпына келтірудің тиімді әдісі болып табылады. Топырақтың техногендік ластануы экожүйеге теріс әсер ететін ауыр металдармен, мұнай өнімдерімен, пестицидтермен және басқа химиялық заттармен ластануды қамтиды. Мұндай топырақтың сапасын жақсартудың перспективалық тәсілдерінің бірі-улы заттарды байланыстыруға қабілетті, олардың биожегімділігін төмендететін және топырақ жамылғысын қалпына келтіретін дәрежеде әсер ететін фосфор қосылыстарын қолдану. Фосфор қосылыстарын қолдану топырақ құрылымын жақсартуға, оның ылғал сыйымдылығын және қоректік заттарды сақтау қабілетін арттыруға көмектеседі, бұл техногендік ластануға ұшыраған аумақтардың экологиялық тұрақтылығын қалпына келтіруге ықпал етеді. Фосфорды пайдалана отырып, техногендік ластанған топырақты мелиорациялау саласындағы зерттеулер қоршаған ортаның құрамдас бөліктерінің техногендік әсерлерге төзімділігін арттыру үшін жаңа мүмкіндіктер ашады.

Түйінді сөздер: мелиорация, экологиялық мәселе, топырақ, ауыр металдар, фосфор, бұрғы, сынама.

Reclamation of technogenically contaminated soils using phosphorus compounds

Abstract. Reclamation of technogenically polluted soils with the help of phosphorous compounds is an effective method of restoring soil fertility, disrupted as a result of anthropogenic activities. Man-made soil pollution includes pollution by heavy metals, petroleum products, pesticides and other chemicals that have a negative impact on the ecosystem. One of the promising approaches to improving the quality of such soils is the use of phosphorous compounds, which are capable of binding toxic substances, reducing their bioavailability and having a restorative effect on the soil cover. The use of phosphorous compounds helps to improve the soil structure, increase its moisture capacity and ability to retain nutrients, which contributes to the restoration of environmental sustainability of territories subject to man-made pollution. Research in the field of reclamation of technogenically polluted soils using phosphorus opens up new opportunities for increasing the resistance of environmental components to man-made impacts.

Key words: reclamation, environmental problem, soil, heavy metals, phosphorus, drill, sample.

Мелиорация техногенно загрязненных почв с помощью фосфорных соединений

Аннотация. Мелиорация техногенно загрязненных почв с помощью фосфорных соединений представляет собой эффективный метод восстановления почвенного плодородия, нарушенного в результате антропогенной деятельности. Техногенное загрязнение почв включает в себя загрязнение тяжелыми металлами, нефтепродуктами, пестицидами и другими химическими веществами, которые оказывают негативное воздействие на экосистему. Одним из перспективных подходов к улучшению качества таких почв является использование фосфорных соединений, которые способны связывать токсичные вещества, снижая их биодоступность и оказывая восстановительное воздействие на почвенный покров. Применение фосфорных соединений способствует улучшению структуры почвы, повышению ее влагоемкости и способности удерживать питательные вещества, что способствует восстановлению экологической устойчивости территорий, подверженных техногенному загрязнению. Исследования в области мелиорации техногенно загрязненных почв с использованием фосфора открывают новые возможности для повышения устойчивости компонентов окружающей среды к техногенным воздействиям.

Ключевые слова: мелиорация, экологическая проблема, почва, тяжелые металлы, фосфор, бур, проба.

Кіріспе

Еліміздің оңтүстік өңірінде, соның ішінде Түркістан облысында өндірістік кәсіпорындардың іске қосылуы күн сайын артып келе жатыр. Шымкент қаласында «Южполиметалл» АҚ маңында құрамында ауыр металдар кездесетін қалдықтар тасталынған. Өнеркәсіптің технологиялық регламентіне сәйкес, әрбір кезеңдік сатылардан кейін ауыр металл иондары және оған жанама, қосымша өнімдердің түрлері бөлінеді. Сондай-ақ, аталған тізбектің технологиялық сатыларында топырақ жамылғысының ауыр металл қосылыстарымен ластану ықтималдылығы өте жоғары. Бүгінгі таңда, облыс бойынша жүздеген гектар көлемдегі аймақтар жоғарыда аталған себептермен ластануда. Мысал ретінде қорғасынды қолданып, оның ағаш өсімдіктеріне енуі – атмосфера немесе топырақ арқылы осы элементтің жинақталу деңгейімен анықталады [1].

Оңтүстік Қазақстан облысы жағдайында әртүрлі табиғаттағы экотоксиканттардың (ауыр металдармен ластану) созылмалы әсерінен топырақ пен топырақтың ферментативті белсенділігінің өзгеруін (гидролитикалық және тотықсыздандырғыш ферменттер) зерттеу қоғамның өзекті мәселелерінің бірі болып қалуда. Топырақ ферменттерінің белсенділігі экотоксиканттардың табиғаты мен концентрациясына (дозасына) байланысты спецификалық және спецификалық емес өзгеретіні дәлелденді, олар топырақ ферменттеріне қатысты ингибиторлар да, белсендіргіштер де бола алады. Осымен бірге, Республиканың кең байтақ

жері физикалық географиялық жағдайлардың алуан түрлілігі ендік зоналылығының көрінісін анықтап топырақ жамылғысының аймақтылығына сәйкес топырақтардың ферментативті активтілігін қалыптастыруды айқындайды. Аймақтық бірқатар жазық топырақтарда белсенділік көрсеткіштерінің ең жоғары мәндері бар каталазаның қалыпты активтілігінің негізінде гидролаза (инвертаза, уреаза, каталаза) активтілігі фонында қара топырақтарда байқалады. Оларда топырақтың ауа трәтібінің ең жоғары қарқындылығы да белгіленген. Арасында қара топырақтардың кіші аумақтарының ішінде ең энзимді белсенділері қарапайым қара топырақтар, аз мөлшерде – оңтүстік қара топырақтар [2].

Еліміздің аймақтарын тұтастай алғанда ластауыштардың тұрақты көздерінен қоршаған ортаға жылына 4,0 млн.т түрлі ластауыш және улы заттар тасталады. Аталған ластауыштардың арасында қорғасын мен қалайының қосылыстары 2,2, мыс тотықтары 1,3, 11,0 мың т жуық қара күйе және мыңдаған тонна түрлі тастанды газдар. Топырақ қабатында таралған ауыр металдардың мүмкін шектік зиянсыз мөлшері (мг/кг): хром – 0,06; қалайы – 47; мыс – 38–40; фтор – 205; марганец – 1450; молибден – 5; қорғасын – 20; мырыш – 155; сынап – 2; қалайы – 2; сурьма – 5; кадмий – 5; никель – 45; кобальт – 50; бор – 25 [3].

Ауыр металдарды жоюдың химиялық өңдеу, физикалық жою сияқты дәстүрлі тәсілдері қаржылық тұрғыдан сын

көтермейді және қоршаған табиғи орта компоненттеріне негативті әсер етуі мүмкін. Осыған байланысты, ластанған кешендерден ауыр металдарды жою немесе детоксикациялау мақсатында өсімдіктер мен микроағзаларды қолдану топырақтың ремедиация әдісінің тиімділігін дәлелдеп отыр. Бұл әдіс экономикалық тұрғыдан ғана емес, қоршаған табиғи ортаға қатысты ластану дәрежені біршама төмендетуге ықпал етеді [4].

Топырақтардағы ауыр металдардың кларктері жоғарылау үрдісіне ие, ал қорғасынға қатысты бірқатар деңгейге жоғары. Тек автокөліктердің пайдаланылған газдарының салдарынан жер бетіне металдың 180–260 мың т бөлінеді, мырыш пен қорғасынның техногенді мөлшерлері жылына 1 км² жерге ондаған кг-ды құрайды. Алайда, топырақтағы Pb геобиологиялық қол жетімділігін ескеретін топырақ сапасының экологиялық стандарттары әлі жасалмаған. Oorts т. б. ғалымдар жауын құрттарындағы уыттылығы мен ұзақ мерзімді қол жетімділігінің нақты зерттеу негізінде топырақ ағзалары мен далалық компиляция мәліметтері үшін Pb стандарттарын ұсынды. Өсімдіктер үшін топырақтың тиімді катионалмасу сыйымдылығының төмендеуі салдарынан Pb биоаккумуляциясы жоғарылайды, нәтижесінде топырақтар арасындағы тиімді катионалмасу вариацияларының мәнін қалыптандыру үшін модельдер ұсынылған [5].

Қоршаған ортадағы Pb концентрациясының жоғарылауы адам денсаулығы мен жануарларға да белгілі қауіп көздері болып есептеледі. Қазіргі уақытта бірқатар элементтердің топырақтағы, өсімдіктердегі, азықтық жемшөптердегі, азық-түліктердегі рұқсат етілген мөлшерлері белгіленген. Топырақтың ластайтын ауыр металдар ауылшаруашылық дақылдарының өнімділігіне зиян шектіреді, қоректік тізбекті өзгертіп, түптеп келгенде адамның денсаулығына, геожүйелердегі зат айналымына қауіп төндіреді. Топырақта үнемі жинақталатын ауыр металдар өсімдіктердің ұлпаларымен сіңіріліп, биосфераға өтіп, қоректік тізбектің трофикалық деңгейлеріне жинақталады [6].

Pb жетіспеушілігінің, аз мөлшерінің ағзаларға оң әсерінің себептері жеткіліксіз зерттелген, өйткені оның метаболизм процесстеріндегі әсер ететін нүктелері белгісіз. Ауыр металдарды өсімдіктердің көмегімен заласыздандыратын тиімділігін арттыру мақсатында дәстүрлі фиторемедиация әдісі арқылы ірі масштабты қолдану тұрғысынан бірқатар шектеулер қояды. Бұл әдіс әрі үнемді, тиімді және керемет кең қолданыстағы әдіс ретінде экологиялық тұрғыдан таза болып есептеледі. Сонымен қатар, металдардың жаңа гипераккумуляторлары зерттеліп, қолданылуда [7].

Мырышты қосылыстарды енгізу өсімдіктердің қоректік заттарды пайдалануын жақсартуға ықпал етеді де, азот пен фосфордың топыраққа қайтуын азайтып, өсімдіктердің өнімділігін жоғарылатады. Қоршаған ортаның мырышпен ластануы жағдайында өсімдіктердің ауыр металдарды байланыстыруы мен олардың кері ағысына әсер ететін, өсімдіктердің төзімділік механизмінде микориза мен субжасушалық қабілеттілікке ерекше зейін қойылады. *Dichapetalum gelonioides*, *Thlaspi tatrense*, *Cardaminopsis halleri*, *Viola calaminaria* мен *Eleocharis acicularis* өсімдіктерінде мырыштың жинақталуы 10 000 мг/кг артық мөлшерді құрайды, сондықтан осы өсімдіктер қоршаған ортадан мырышты жою мақ-

сатында супераккумулятор ретінде рөл атқаруы нәтижесінде экологиялық тәуекелдер мен денсаулыққа қатысты жағымсыз әсерлерді төмендетуге мүмкіндік береді [8].

Топырақтың болмашы өзгерістеріне жауап беретін болғандықтан ферменттік активтілік тиімді индикатор болып табылады. А.Кuzmanović және т.б. қышқыл және сілтілі фосфотаза, глюкозидаза, дегидрогеназа мен каталазаның активтілігін зерттеу нәтижелері қара, сортаң топырақ типтерінде әртүрлі ферментативті белсенділікке ие екендігі туралы қорытынды жасаған. Сортаң топырақта – сілтілі фосфотаза, қара топырақта – дегидрогеназа активтілік танытқан [9].

Топырақтың органикалық фосфоры өсімдіктер үшін топырақта жинақталған микроағзалардың, өсімдік тамырларының жасушаішілік фосфогидролазаның және ферменттердің минерализациянынан кейін сіңімді болады. Әртүрлі топырақтарда фосфатазалық белсенділік әрқелкі орын алады. Торфты-батпақты топырақтар жоғары фосфатазалық белсенділікке ие, әсіресе фосфатазаның белсенділігі өсімдіктердің ризосферасында жоғары. Топырақ жамылғысы жағдайында фосфотаза ферментінің активтілігі органикалық көздерден фосфорды сіңіруде маңызды рөл атқарады да, әрі қарай зерттеулер азық-түлік өндірісінің тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін оның сандық бағалауына бағытталуы қажет [10].

Өсімдіктердің тамыр жүйесінің әрқилы стратегиясы түрлердің өзара тіршілік ету модельдерін айқындайды. Алайда, тамырлардың тамыр фосфотазасының активтілігі секілді физиологиялық белгілері өсімдіктердің фосфорды сіңіруіне әсер етеді. Бұл жағдай бәлкім тамырлардың жасушаішілік фосфатазасының әсерімен түсінідірілсе керек [11].

Топырақтың экологиялық ахуалын бақылау және оларды қазіргі жағдай бойынша ластану дәрежесін бағалау үшін қажет. Горизонт бойынша топырақтың морфологиялық сипаттамасы, гранулометриялық құрамы, топырақтың физика-химиялық қасиеттері және мұнай өнімдерінің құрамы зерттелген [12].

Материалдар мен әдістер

Гидролитикалық және тотығу-тотықсыздану ферменттерінің белсенділігі, соның ішінде гидролитикалық ферменттерден келесі ферменттер зерттелді:

топырақтың азотсыз органикалық қосылыстарының ыдырауын катализдейтін инвертаза (КФ 3.2.1.26);

топырақтағы құрамында азоты бар органикалық қосылыстарды ыдырататын уреаза (КФ 1.11.16);

топырақтағы фосфорорганикалық қосылыстарды ыдырататын фосфатаза (КФ 3.1.3.1-2).

тотығу-тотықсыздану ферменттердің тобынан каталаза (КФ 1.11.1.6), пероксидаза (КФ 1.11.1.7) және полифенолоксидазаның (КФ 1.10.3.1) белсенділігі анықталды.

Далалық және кіші сынама алаңдағы тәжірибеде ФМБ-нің (фосфорды минералдайтын қосылыс) топырақ ферменттерінің белсенділігіне әсері зерттелді.

Нәтижелер және талдау

Алынған мәліметтердің талдауы топырақ ферменттерінің жинақталуында маусымдық кезеңділіктің бар екендігін көрсетеді. 1-кестеде сұр топырақтың құм ебелек өсім-

Кесте 1

Құм ебелек – *C. Arenarius* өсімдігі өсірілген сұр топырақтағы ферментативтік белсенділік динамикасына ФМБ қосылыстарының әсері (кіші сынама алаңды далалық тәжірибе, 2020–2022 жж. бойынша орташа мәліметтер) (фон көң)

Table 1

The effect of PBF on the dynamics of enzymatic activity in the cultivation of *C. Arenarius* (field research on small sample areas, average for 2020–2022)

Таблица 1

Влияние ФМБ на динамику ферментативной активности при выращивании песчаного рогача – *C. Arenarius* (полевые исследования на малых пробных площадях, средний показатель за 2020–2022 гг.)

Тәжірибе нұсқасы	Құм ебелектің вегетация сатылары			
	2-4 нағыз жапырақтар	Шанақтану	Жеміс салу	Пісіп-жетілу
Фосфатазаның белсенділігі (P_2O_5 , мг / 1гр топыраққа)				
1.Бақылау	0,043±0,002	0,023±0,001	0,060±0,004	0,070±0,005
2.ФМБ тәжірибе	0,050±0,003	0,068±0,009	0,075±0,006	0,097±0,007
Каталазаның белсенділігі (O_2 , см ³ / 1 гр топыраққа)				
1.Бақылау	1,59±0,082	0,64±0,040	1±0,053	1,55±0,081
2.ФМБ тәжірибе	1,81±0,094	1,26±0,066	1,92±0,101	1,73±0,089
Уреазаның белсенділігі ($N-NH_2$, мг / 5 гр топыраққа)				
1.бақылау	0,32±0,020	0,28±0,088	0,35±0,023	0,73±0,047
2.ФМБ тәжірибе	1,85±0,102	1,01±0,057	0,935±0,059	1,29±0,089
Инвертазаның белсенділігі (глюкозаның мг / 1 гр топыраққа)				
1.Бақылау	0,795±0,051	0,630±0,041	1,908±0,118	0,954±0,064
2.ФМБ тәжірибе	2,544±0,159	1,01±0,068	2,226±0,140	1,590±0,071
Пероксидазаның белсенділігі (пурпургалиннің мг/ 100 гр топыраққа)				
1.Бақылау	1,32±0,085	2,53±0,158	5,23±0,376	5,90±0,364
2.ФМБ тәжірибе	2,60±0,163	4,23±0,260	6,50±0,410	6,48±0,402
Полифенолоксидазаның белсенділігі (пурпургалиннің мг/ 100 гр топыраққа)				
1.Бақылау	0,54±0,035	2,80±0,175	5,40±0,338	4,23±0,266
2.ФМБ тәжірибе	2,46±0,154	4,46±0,275	7,90±0,637	6,30±0,449

дігінің динамикасы бойынша ферменттік белсенділіктің мәліметтеріне сәйкес вегетациялық кезең бойы ферменттердің көп жинақталуы ФМБ қосылыстарының нұсқасында байқалған.

Барлық зерттелген ферменттер ішінде маусымдық динамикада келесі жағдай жалпы деп қарастырылды: ең көп жинақталуы мамыр айында – 3–4-ші нағыз жапырақтардың пайда болу сатысында байқалды. Күзге қарай ферментативті процесстердің энергиясы төмендеді.

2-кестеде ФМБ қосылысының әсерінен топырақтың ферментативтік белсенділігінің құм ебелек өсімдігінің вегетациялық кезең бойынша орташа мәліметтері берілген.

Келтірілген мәліметтер ФМБ қолданудың зерттелген ферменттердің белсенділігін жоғарылататынын көрсетті.

Осылай, тәжірибелік нұсқадағы топырақтың фосфатазалық белсенділігі вегетация сатылары бойынша ФМБ-мен тәжірибеде бастапқы топырақпен салыстырғанда 2 есеге жоғары және органикалық тыңайтқыштағы (көң) бақылаумен салыстырғанда 1,5 есеге жоғары болды, бұл ФМБ енгізу фосфатазалық белсенділікті жоғарылататынын білдіреді.

Каталазаның белсенділігі бастапқы топыраққа қарағанда 1,7 есеге жоғарылады. Уреазалық белсенділік ФМБ қолданғанда бақылаумен салыстырғанда (көң) 3 және бастапқы топырақпен салыстырғанда 12,5 есеге жоғары болды. Инвертазалық белсенділік ФМБ бірге тәжірибелік нұсқада бақылауға қарағанда (көң) 1,8, аммофос бақылаумен салыстырғанда 3,5 және бастапқы топыраққа қарағанда 4 есеге жоғары.

Топырақтың фосфатазалық белсенділігінің қалыптасуына фосфордың негізгі органикалық қосылыстары жататын қарашіріктің мөлшері әсерін тигізеді. Пероксидаза мен полифенолоксидазаның қарашірік заттарының синтезі мен минерализациясындағы ролі ескеріле отырып, топырақтағы осы ферменттердің белсенділігіне ФМБ әсері зерттеліп, олардың сұр топырақтардағы қарашіріктің түзілу процесстеріне жағымды әсер ететіні айқындалды (кесте 3). Қарашірік заттарының синтез процесстері олардың ыдырау процесстерінен басым болды, қарашіріктену коэффициенті ФМБ нұсқасында 0,54–8,83 мг/пурпургалин/100гр топыраққа жоғарылады.

Кесте 2

Құм ебелек – *C. Arenarius* өсімдігінің тұқымдарының биологиялық белсенділігіне ФМБ қосылыстарының әсері (вегетация кезеңдері бойынша орташа мәліметтер)

Table 2

The effect of PBF on the biological activity of the sand hornbill seeds – *C. Arenarius* (average values for the stages of vegetation)

Таблица 2

Влияние ФМБ соединений на биологическую активность посева рогача песчаного – *C. Arenarius* (средние показатели по стадиям вегетации)

Тәжірибе нұсқасы	Фосфатаза	Каталаза	Уреаза	Инвертаза	Пероксидаза	Полифенолоксидаза	CO ₂ бөліну қарқындылығы
Бастапқы топырақ	0,018± 0,002	0,98± 0,064	0,073± 0,014	0,477± 0,029	6,5± 0,379	4,56± 0,286	30±1,54
Бақылау – көң	0,049± 0,007	0,98± 0,068	0,402± 0,025	1,070± 0,067	3,79± 0,234	3,24± 0,202	59,75± 2,65
Тәжірибе – көң + ФМБ	0,073± 0,011	1,68± 0,104	1,272± 0,079	1,987± 0,123	4,70± 0,289	5,28± 0,326	83,25± 3,74

Кесте 3

Пероксидаза, полифенолоксидаза ферменттеріне және қарашіріктену коэффициентіне ФМБ әсері (мг/пурпургаллиннің / 100 гр топыраққа)

Table 3

The effect of PBF on the enzymes peroxidase, polyphenol oxidase and humification coefficient (per 100 g/soil mg/purpurgalline)

Таблица 3

Влияние ФМБ соединений на ферменты пероксидаза, полифенолоксидаза и коэффициент гумификации (на 100 гр/почвы мг/пурпургаллина)

Тәжірибе нұсқасы	Құм ебелектің вегетация сатылары			
	2-4 нағыз жапырақтар	Шанақтану	Жеміс салу	Пісіп-жетілу
Пероксидаза				
1.Бақылау	1,32±0,081	2,53±0,155	8,50±0,56	5,90±0,37
2.ФМБ тәжірибе	2,60±0,161	4,23±0,258	5,23±0,33	6,48±0,41
Полифенолоксидаза				
1.Бақылау	0,54±0,035	2,8±0,175	5,40±0,333	4,23±0,26
2.ФМБ тәжірибе	2,46±0,152	3,46±0,214	7,60±0,467	5,30±0,32
Қарашіріктену коэффициенті				
1.Бақылау	0,40±0,026	1,10±0,071	0,63±0,041	0,70±0,045
2.ФМБ тәжірибе	0,94±0,061	0,8±0,052	1,46±0,095	0,82±0,054

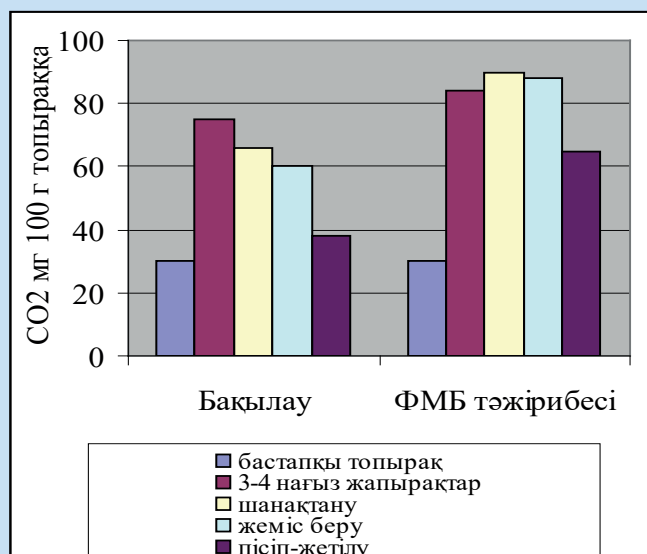
Нәтижесінде, топыраққа фосфорды минералдайтын қосылыстардың интродукциясы орғанофосфаттардың деполимеризациясына және топырақтағы қарашіріктің түзілуіне себепші болатыны айқындалды.

ФМБ қолдану қарашіріктің синтезіне қатысатын ферменттердің белсенділігіне әлдеқайда ықпал етеді. Пероксидазалық белсенділік бақылаумен салыстырғанда 1,5 есеге, полифенолоксидазаның белсенділігі бақылаумен (ФМБ-сыз бақылауда) – 1,6, минералды заттармен бақылауда 2,3 есеге өсті.

Зерттеулердің келесі сатысы топырақтың биологиялық белсенділігінің көрсеткіші ретінде топырақтан көмірқышқыл газының өндірілу қарқындылығына ФМБ әсерін

зерттеу болды. Аталған көрсеткіш атмосферадан топыраққа келетін оттегінің және органикалық заттардың күрделі тотығуының нәтижесінде өсімдіктерді көміртегімен қамтамасыз ететін маңызды көз көмірқышқыл газының мөлшерін сипаттайды. Топырақ бетінен CO₂-нің өндірілуі бірлесіп жүретін процестердің нәтижесі болып табылады да, бұнда шешуші орын геологиялық-биологиялық факторлардың үлесіне тиесілі.

Тәжірибелер топырақтың ауа тәртібі процестеріне ФМБ жағымды ынталандыру түрінде әсер ететінін көрсетті. 1 суреттен топырақтан CO₂-нің өндірілуі құмбелек вегетациясының барлық сатыларында ФМБ нұсқаларында жоғарылайтыны көрініп тұр. Егер бастапқы топырақта



Сурет 1. ФМБ топырақтан көмірқышқыл газының өндірілуіне әсері (2020–2022 жж. кіші сынама алаңды тәжірибелердің орташа мәліметтері).

Figure 1. The impact of the PBF on the production of carbon dioxide from the soil surface (average indicators of field research on small sample areas, for 2020–2022).

Рис. 1. Влияние ФМБ на производство углекислого газа с поверхности почвы (средние показатели полевых исследований на малых пробных площадях, за 2020–2022 гг.).

бұл мөлшер 70 мг $CO_2/100$ гр топыраққа болса, онда бактериялармен нұсқада CO_2 -нің мөлшері шанақтану сатысында байқалып, 90 мг $CO_2/100$ гр топыраққа мөлшерін құрды.

Вегетацияның соңында пісіп-жетілу сатысында бақылауда CO_2 38 мг-ға дейін азайып, ал бактериялармен нұсқада 65 мг-ға жетті.

Алынған мәліметтер ФМБ органикалық қосылыстармен (көң) бірлесіп әсер еткенде сұр топырақтың белсенділігін біршама жоғарылататынын көрсетті. Зерттелген ферменттердің белсенділігінің жоғарылауы микроағзалардың және бірқатар физиологиялық топтардың (аммонификаторлар, олигонитрофильдер, азотфиксаторлар, актиноциеттердің) жалпы санының өзгермеуіне байланысты. Осыған орай, топырақтың тағы бір биологиялық белсенділігінің көрсеткіші ретінде топырақ бетінен көмірқышқыл газының өндірілуі жақсарады – бұл жағдай ФМБ пайдаланудың тиімділігін көрсетеді.

Қорытынды

Осы зерттеулерді қысқаша қорытатын болсақ, техногендік ластанған топырақтың улылық әсерін азайтуға мүмкіндік беретін ферменттердің белсенділік қабілетінің есебінен, атап айтатын болсақ, пероксидаза, полифенолоксидазаның топырақтағы белсенділігі қарашірік заттарының синтез процестері, олардың ыдырау процестерінен басымдылық көрсетіп, қарашіріктену коэффициенті ФМБ нұсқасында 0,54–8,83 мг/пурпургалин/100гр топыраққа жоғарылады. Осымен бірге, ФМБ нұсқаларында CO_2 -нің өндірілуі күм ебелектің барлық вегетация сатыларында бастапқы топырақта 70 мг $CO_2/100$ гр топыраққа құраса, бактериялармен нұсқада шанақтану сатысында CO_2 -нің мөлшері 90 мг $CO_2/100$ гр топыраққа тіркелді. Ал, вегетацияның соңында пісіп-жетілу сатысында бақылауда CO_2 38 мг-ға дейін азайып, ал бактериялармен нұсқада 65 мг-ға жетті.

Қорыта келе, топыраққа фосфорды минералдайтын қосылыстарды пайдалану органофосфаттардың деполимеризациясына және топырақтағы қарашіріктің түзілуіне себепші болатыны айқындалды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Жауын құрттарын қолдану арқылы қалалық ортаның топырақ жамылғысының жағдайын биотестілеу / А.Д. Байботаева [және т. б.] // ҚазҰЗТУ Хабарлары. 2020. № 5 (141). Б. 72–77 (орыс тілінде)
2. Демеуов С.Н., Исенова Г., Кайсанова Г. Қостанай облысының топырақтарын әртүрлі өңдеу тәсілдерінде қаратопырақтардағы жаздың бидайдың ферментативтік белсенділігі әдістермен өңдеу // Топырақтану және агрохимия. 2015. № 3. Б. 109–116 (орыс тілінде)
3. Байботаева А.Д. Шымкент қаласының топырақты жерлерін техногенді ауыр металды (As, Pb, Cd) элементтерімен ластануын биоиндикациялау және биоремедиациялау технологиясын жасақтау: философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алуға арналған дисс. автореф.: Шымкент, 2022. 18 б. (қазақ тілінде)
4. Nnaji N.D., Onyeaka H., Miri T., Ugwa C. (02 сәуір 2023 ж.). Ауыр металдарды жоюдағы биоаккумуляция: шолу. <https://link.springer.com/article/10.1007/s42452-023-05351-6> (ағылшын тілінде)
5. Қорғасынның топырақтағы биожетімділігі мен экоуыттылығы: топырақ сапасының экологиялық стандарттарын белгілеудің маңызы / К. Oorts [және т. б.] // Экологиялық токсикология және химия. 2021. Т. 40. Шығ. 7. Б. 1948–1961 (ағылшын тілінде)
6. Priya A.K., Muruganandam M., Ali S.S., Kornaros M. (02 мамыр 2023 ж.). Ластанған топырақты фиторемедиация көмегімен ауыр металдардан тазарту: Пәнаралық және экологиялық көзқарас. <https://www.mdpi.com/2305-6304/11/5/422> (ағылшын тілінде)
7. Bhat S.A., Bashir O., Ul Haq S.A., Amin T., Rafiq A., Ali M., Américo-Pinheiro J H.P., Sher F. (2022 жылдың сәуірі). Топырақ пен судағы ауыр металдардың фиторемедиациясы: экологиялық,

тұрақтылық және пәнаралық көзқарас. https://www.researchgate.net/publication/360293511_Phytoremediation_of_heavy_metals_in_soil_and_water_An_eco-friendly_sustainable_and_multidisciplinary_approach (ағылшын тілінде)

8. Wei Z., Gu H., Van Le Q., Peng W., Lam S.S., Yang Y., Li C., Sonne C. (2021 ж. желтоқсан). Ауаны, судың және топырақтың мырышпен ластанын фотиоремедиациялау перспективалары. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352554121001777?via%3Dihub> (ағылшын тілінде)
9. Kuzmanović A., Tamindžija D., Ninkov J., Vasin J., Đurić S., Milić S., Radnović D. (2023 жылдың қаңтары). Воеводина, Сербия топырақтарындағы микроағзалардың ферментативтік белсенділігі. https://www.researchgate.net/publication/376935444_Microbial_enzymatic_activities_in_soils_of_Vojvodina_Serbia_Insights_into_the_relationship_with_chemical_soil_properties (ағылшын тілінде)
10. Janes-Bassett V., Blackwell M.S.A., Blai G., Davies J., Haygarth P.M., Mezeli M.M., Stewart G. (2021 ж. желтоқсан). Ауыршаруашылық жағдайларында фосфор тапшылығына жауап ретінде фосфотаза белсенділігінің метамалдауы. https://www.researchgate.net/publication/357309497_A_meta-analysis_of_phosphatase_activity_in_agricultural_settings_in_response_to_phosphorus_deficiency (ағылшын тілінде)
11. Bi B., Yin Q., Hao Z. (2023 ж. қазан). Тамыр фосфотазасының белсенділігі – бұл тамырлы тиімді кеңістікті сақтау градиентімен байланысты бәсекелестік қасиет. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2197562023000428?via%3Dihub> (ағылшын тілінде)
12. Теңіз кен орыны ауданындағы топырақтар жағдайын зерттеу / А.Ш. Канбетов [және т. б.] // ҚР Ұлттық Ғылым академиясының Хабарлары, «Геология және техникалық ғылымдар» сериясы. 2023. Т. 5. № 461. Б. 145–155 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Biotestirovanie sostoyaniya pochvennogo pokrova gorodskoi sredy primeneniem dozhdevykh chervei [Biotesting the state of the soil cover of the urban environment using earthworms], A.D. Baibotaeva [et al.], Vestnik KazNITU [Bulletin of KazNITU]. 2020. No. 5 (141). 72–77 pp. (in Russian)
2. Demeuov S.N., Isenova G., Kaysanova G. Fermentativnaya aktivnost' pochvy v usloviyakh chernozema v posevakh yarovoi pshenitsy pri razlichnykh sposobakh obrabotki pochv Kostanaiskoi oblasti [Enzymatic activity of soil in chernozem conditions in spring wheat crops with various methods of soil treatment in Kostanay region], Pochvovedenie i agrokhimiya [Soil science and agrochemistry]. 2015. No. 3. 109–116 pp. (in Russian)
3. Baibotaeva A.D. Development of technology for bioindication and bioremediation of soil pollution of Shymkent city lands with elements of man-made heavy metals (As, Pb, Cd): abstract for the degree of Doctor of Philosophy (PhD): Shymkent, 2022. 18 p. (in Kazakh)
4. Nnaji N.D., Onyeaka H., Miri T., Ugwa C. (April 02, 2023). Bioaccumulation for heavy metal removal: a review. <https://link.springer.com/article/10.1007/s42452-023-05351-6> (in English)
5. Bioavailability and Ecotoxicity of Lead in Soil: Implications for Setting Ecological Soil Quality Standards / K. Oorts [et al.] // Environmental Toxicology and Chemistry. 2021. V. 40. No. 7. 1948–1961 pp. (in English)
6. Priya A.K., Muruganandam M., Ali S.S., Kornaros M. (02 May 2023). Clean-Up of Heavy Metals from Contaminated Soil by Phytoremediation: A Multidisciplinary and Eco-Friendly Approach. <https://www.mdpi.com/2305-6304/11/5/422> (in English)
7. Bhat S.A., Bashir O., Ul Haq S.A., Amin T., Rafiq A., Ali M., Américo-Pinheiro J H.P., Sher F. (April 2022). Phytoremediation of heavy metals in soil and water: An eco-friendly, sustainable and multidisciplinary approach. https://www.researchgate.net/publication/360293511_Phytoremediation_of_heavy_metals_in_soil_and_water_An_eco-friendly_sustainable_and_multidisciplinary_approach (in English)
8. Wei Z., Gu H., Van Le Q., Peng W., Lam S.S., Yang Y., Li C., Sonne C. (December 2021). Perspectives on phytoremediation of zinc pollution in air, water and soil. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352554121001777?via%3Dihub> (in English)
9. Kuzmanović A., Tamindžija D., Ninkov J., Vasin J., Đurić S., Milić S., Radnović D. (January 2023). Microbial enzymatic activities in soils of Vojvodina, Serbia: insights into the relationship with chemical soil properties. https://www.researchgate.net/publication/376935444_Microbial_enzymatic_activities_in_soils_of_Vojvodina_Serbia_Insights_into_the_relationship_with_chemical_soil_properties (in English)

10. Janes-Bassett V., Blackwell M.S.A., Blai G., Davies J., Haygarth P.M., Mezeli M.M., Stewart G. (December 2021). A meta-analysis of phosphatase activity in agricultural settings in response to phosphorus deficiency. https://www.researchgate.net/publication/357309497_A_meta-analysis_of_phosphatase_activity_in_agricultural_settings_in_response_to_phosphorus_deficiency (in English)
11. Bi B., Yin Q., Hao Z. (October 2023). Root phosphatase activity is a competitive trait affiliated with the conservation gradient in root economic space. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2197562023000428?via%3Dihub> (in English)
12. Soil condition studies in the area of the Tengiz deposit. / A.Sh. Kanbetov [et al.] // NEWS of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of geology and technical sciences. 2023. V. 5. No. 461. 145–155 pp. (in English)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Биотестирование состояния почвенного покрова городской среды применением дождевых червей / А.Д. Байботаева [и др.] // Вестник КазННТУ. 2020. № 5 (141). С. 72–77 (на русском языке)
2. Демуров С.Н., Исенова Г., Кайсанова Г. Ферментативная активность почвы в условиях чернозема в посевах яровой пшеницы при различных способах обработки почв Костанайской области // Почвоведение и агрохимия. 2015. № 3. С. 109–116 (на русском языке)
3. Байботаева А.Д. Разработка технологии биоиндикации и биоремедиации загрязнения почв земель города Шымкента элементами техногенных тяжелых металлов (As, Pb, Cd): автореф. дис. на соискание ученой степени доктора философии (Ph.D): Шымкент, 2022. 18 с. (на казахском языке)
4. Nnaji N.D., Onyeaka H., Miri T., Ugwa C. (02 апреля 2023 г.). Биоаккумуляция для удаления тяжелых металлов: обзор. <https://link.springer.com/article/10.1007/s42452-023-05351-6> (на английском языке)
5. Биодоступность и экотоксичность свинца в почве: значение для установления экологических стандартов качества почвы / К. Oorts [и др.] // Экологическая токсикология химия. 2021. Т. 40. Вып. 7. С. 1948–1961 (на английском языке)
6. Priya A.K., Muruganandam M., Ali S.S., Kornaros M. (02 мая 2023 г.). Очистка загрязненной почвы тяжелыми металлами с помощью фиторемедиации: междисциплинарный и экологический подход. <https://www.mdpi.com/2305-6304/11/5/422> (на английском языке)
7. Bhat S.A., Bashir O., Ul Haq S.A., Amin T., Rafiq A., Ali M., Américo-Pinheiro J H.P., Sher F. (Апрель 2022 г.) Фиторемедиация тяжелых металлов в почве и воде: экологический, устойчивый и междисциплинарный подход. https://www.researchgate.net/publication/360293511_Phytoremediation_of_heavy_metals_in_soil_and_water_An_eco-friendly_sustainable_and_multidisciplinary_approach (на английском языке)
8. Wei Z., Gu H., Van Le Q., Peng W., Lam S.S., Yang Y., Li C., Sonne C. (Декабрь 2021 г.) Перспективы фиторемедиации загрязнения воздуха, почвы и воды цинком. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352554121001777?via%3Dihub> (на английском языке)
9. Kuzmanović A., Tamindžija D., Ninkov J., Vasin J., Đurić S., Milić S., Radnović D. (Январь 2023 г.). Ферментативная активность микроорганизмов в почвах Воеводины, Сербия: понимание взаимосвязи с химическими свойствами почвы. https://www.researchgate.net/publication/376935444_Microbial_enzymatic_activities_in_soils_of_Vojvodina_Serbia_Insights_into_the_relationship_with_chemical_soil_properties (на английском языке)
10. Janes-Bassett V., Blackwell M.S.A., Blai G., Davies J., Haygarth P.M., Mezeli M.M., Stewart G. (Декабрь 2021 г.). Метаанализ активности фосфатазы в сельскохозяйственных условиях ответ на дефицит фосфора. https://www.researchgate.net/publication/357309497_A_meta-analysis_of_phosphatase_activity_in_agricultural_settings_in_response_to_phosphorus_deficiency (на английском языке)
11. Bi B., Yin Q., Hao Z. (Октябрь 2023 г.) Активность корневой фосфатазы – это конкурентный признак, связанный с градиентом сохранения корнеобитаемого эффективного пространства. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2197562023000428?via%3Dihub> (на английском языке)
12. Изучение состояния почв в районе Тенгизского месторождения. / А.Ш. Канбетов [и др.] // Известия Национальной Академии наук Республики Казахстан, Серия геологии и технических наук. 2023. Т. 5. № 461. С. 145–155 (на английском языке)

Авторлар туралы мәліметтер:

Абраимова Қ.Т., биология ғылымдарының кандидаты, доцент м.а., Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті (Түркістан қ., Қазақстан), kuralai.abdraimova@ayu.edu.kz; <https://orcid.org/0000-0002-6390-2111>

Турметова Г.Ж., техника ғылымдарының кандидаты, доцент м.а. Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті (Түркістан қ., Қазақстан), gulmira.turmetova@ayu.edu.kz; <https://orcid.org/0000-0002-8772-9501>

Ибрагімова Э.К., техника ғылымдарының кандидаты, доцент м.а., Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті (Түркістан қ., Қазақстан), elmira.ibragimova@ayu.edu.kz; <https://orcid.org/0000-0001-8944-5433>

Сунакбаева Д.К., техника ғылымдарының кандидаты, доцент м.а., Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті (Түркістан қ., Қазақстан), dilara.sunakbayeva@ayu.edu.kz; <https://orcid.org/0000-0002-1182-7113>

Information about the authors:

Abdraimova K.T., Candidate of biological Sciences, Acting Associate Professor Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University (Turkistan, Kazakhstan)

Turmetova G.Zh., Candidate of technical Sciences, Acting Associate Professor Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University (Turkistan, Kazakhstan)

Ibragimova E.K., Candidate of technical Sciences, Associate Professor, Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University (Turkistan, Kazakhstan)

Sunakbaeva D.K., candidate of Technical Sciences, Acting Associate Professor Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University (Turkistan, Kazakhstan)

Сведения об авторах:

Абраимова Қ.Т., кандидат биологических наук, Международный казахско-турецкий университет имени Ахмеда Ясави (г. Туркестан, Казахстан)

Турметова Г.Ж., кандидат технических наук, Международный казахско-турецкий университет имени Ахмеда Ясави (г. Туркестан, Казахстан)

Ибрагімова Э.К., кандидат технических наук, доцент, Международный казахско-турецкий университет имени Ахмеда Ясави (г. Туркестан, Казахстан)

Сунакбаева Д.К., кандидат технических наук, Международный казахско-турецкий университет имени Ахмеда Ясави (г. Туркестан, Казахстан)

ВЫСТАВКА**24-26 сентября 2025****23-я международная выставка-форум****ПРОМЫШЛЕННЫЙ САЛОН****Ваше оборудование — наши покупатели****18+**

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:

МИНИСТЕРСТВА
ПРОМЫШЛЕННОСТИ
И ТОРГОВЛИ
САМАРСКОЙ ОБЛАСТИСОЮЗ
МАШИНОСТРОИТЕЛЕЙ
РОССИИТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННОЙ
ПАЛАТЫ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННОЙ
ПАЛАТЫ
САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ**ЭКСПО-ВОЛГА**
организатор выставок с 1986 г.**г. Самара, ул. Мичурина, 23а**
тел.: (846) 207-11-24**www.expo-volga.ru**