

Е.А. Киришбаев<sup>1</sup>\*, Г. Төлеева<sup>2</sup>, Ә.Е. Ережепов<sup>1</sup>,  
Ә.Е. Оразбаев<sup>1</sup>, С.Қ. Турашева<sup>1</sup>, Д.М. Мұқашева<sup>3</sup>,  
Э.У. Сагиндыкова<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

<sup>2</sup>Қазақстан-Ресей медициналық университеті, Алматы қ., Қазақстан

<sup>3</sup>І. Жансүгіров атындағы Жетісу университеті, Талдықорған қ., Қазақстан

<sup>4</sup>Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті, Ақтау қ., Қазақстан

\*e-mail: er\_biol@mail.ru

## «ҮЛБИ» МЕТАЛЛУРГИЯЛЫҚ КЕШЕНІ АУМАҒЫНДАҒЫ КҮНБАҒЫС ЖӘНЕ ГАЗОНДЫ ШӨП ӨСІМДІКТЕРІНІҢ АУЫР МЕТАЛДАРДЫ ЖИНАҚТАУЫ

Соңғы жылдары антропогендік әсердің артуына байланысты қоршаған ортаға ауыр металдардың ықпалы күшейіп отыр. Осы орайда, фитомедиаторлар ретінде жергілікті флораның өсімдіктерін анықтау жөніндегі зерттеулер қарқын алуда. Мақалада Өскемен қаласындағы Үлби металлургиялық кешені аумағында күнбағыс (*Helianthus annuus* L.) және көгалды шөптердегі ауыр металдардың, атап айтқанда, мырыш, кадмий, қорғасын және мыс иондарын адсорбциялау және жинақтау мәселесі талданады. Зерттеу барысында ауыр металдарды жинақтай алатын өсімдіктерді анықтау мақсатында әдебиет деректері талданып, фиторемедиациялау қабілеті бар өсімдіктер ретінде күнбағыс және жабайы астық тұқымдастар (*Agropyron repens*, *Bromus inermis*, *Agrostis alba*, *Dactylis glomerata*) таңдалды. Күнбағыстың үлкен вегетативтік массасы оның ауыр металдарды сіңіру және жинақтау қабілетінің жоғары болуымен байланысты, ал көгал шөптері олардың кең таралуы мен жинақтау қасиеттерімен ерекшеленеді. Зерттеу нәтижелері топырақтағы ауыр металдармен ластану дәрежесі мен олардың өсімдіктерге түсу қарқындылығы арасындағы байланысты көрсетті. Фиторемедианттардың адсорбциялық қабілеті арқылы топырақтағы мырыш мөлшерін 22,5%-ға, кадмийді 31%-ға, қорғасынды 40,7%-ға, мысты 29,4%-ға төмендетуге болатындығы анықталды. Күнбағыс өсімдіктерінің ауыр металдарды сіңіру деңгейі газондық өсімдіктермен салыстырғанда жоғары екендігі байқалды. Осы тәжірибелердің нәтижелері ауыр металдармен ластанған топырақтарды фиторемедиациялау технологиясын жасау үшін перспективалы болып табылады.

**Түйін сөздер:** ауыр металдар, мыс, кадмий, қорғасын, мырыш, күнбағыс, газондық өсімдіктер.

Ye.A. Kirshibayev<sup>1\*</sup>, G. Tuleyeva<sup>2</sup>, A.Ye. Erezhepov<sup>1</sup>, A.Ye. Orazbayev<sup>1</sup>,  
S.K. Turasheva<sup>1</sup>, D.M. Mukasheva<sup>3</sup>, E.U. Sagindykova<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Kazakh-Russian Medical University, Almaty, Kazakhstan

<sup>3</sup>Zhetysu University named after I. Zhansugirov, Taldykorgan, Kazakhstan

<sup>4</sup>Caspian University of Technology and Engineering named after Sh. Yessenov, Aktau, Kazakhstan

\*e-mail: er\_biol@mail.ru

## Accumulation of heavy metals by sunflower and lawn grass plants in the area of metallurgical complex "Ulbi"

In recent years, due to the increasing anthropogenic load on the environment, research has intensified to identify local plants-phytoremediators of heavy metals. In the article have been considered the phytoremediation capacity of lawn grasses and sunflowers to adsorb heavy metals such as zinc, cadmium, lead, and copper from the soil on the territory of the Ulbi metallurgical complex in the city of Ust-Kamenogorsk. Currently, the search for plants that accumulate heavy metals is actively underway. Based on a review of literature data, among species with the ability to phytoremediation, sunflower plants (*Heliantus annuus* L.) and a grass mixture of different species belong to *Poaceae* family (*Agropyron repens* (L.) P. Beauv. (wheatgrass), *Bromus inermis* Leyss. (brome), *Agrostis alba* L. (bentgrass) and *Dactylis glomerata* L. (urchin) were used as research objects. The choice of objects of

study is also justified by the fact that sunflower has a large vegetative mass and, accordingly, its absorption and accumulation capacity for heavy metals is higher, and lawn grasses grow everywhere and their accumulation capacity, as the results of experiments have shown, is also large. The correlation between the degree of soil contamination with heavy metals and the intensity of their entry into plants was shown. Thus, the content of zinc in the soil can be reduced by 22.5%, cadmium by 31%, lead by 40.7%, copper by 29.4% due to adsorb capacity of phytoremediators. It has been established that the intensity of absorption of heavy metals is higher in corn plants compared with plants from the grass mixture. The experimental results may be useful for the development of technology for phytoremediation of soils contaminated with heavy metals.

**Key words:** heavy metals, copper, cadmium, lead, zinc, sunflower, lawn plants.

Е.А. Киршибаев<sup>1,\*</sup>, Г. Тулеева<sup>2</sup>, А.Е. Ережепов<sup>1</sup>, А.Е. Оразбаев<sup>1</sup>,  
С.К. Турашева<sup>1</sup>, Д.М. Мукашева<sup>3</sup>, Э.У. Сагиндыкова<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Казахстанско-Российский медицинский университет, г. Алматы, Казахстан

<sup>3</sup>Жетысуский университет имени И. Жансугурова, г. Талдыкурган, Казахстан

<sup>4</sup>Каспийский Университет технологий и инжиниринга им. Ш. Есенова, г. Актау Казахстан

\*e-mail: er\_biol@mail.ru

### Аккумуляция тяжелых металлов растениями газонных трав и подсолнечника на территории металлургического комплекса «Ульби»

В последние годы, в связи с возрастающей антропогенной нагрузкой на окружающую среду, активизировались исследования по выявлению растений местной флоры – фиторемедиантов тяжелых металлов. В статье рассматривается фиторемедиационная способность газонных трав и подсолнечника по абсорбции таких тяжелых металлов как цинк, кадмий, свинец, медь из почвы на территории металлургического комплекса «Ульби» в городе Усть-Каменогорск. В настоящее время активно ведется поиск растений – аккумуляторов тяжелых металлов. На основании обзора литературных данных, среди видов со способностью к фиторемедиации, в качестве объектов исследования были использованы растения подсолнечника (*Helianthus annuus* L.) и травосмесь из разных видов- семейства злаковых (*Agropyron repens* (L.) P. Beauv. (пырей), *Bromus inermis* Leys. (костер), *Agrostis alba* L. (полевица) и *Dactylis glomerata* L. (ежа сборная). Выбор объектов исследования обоснован также и тем, что подсолнух имеет большую вегетативную массу и соответственно абсорбирующая и аккумулирующая способность тяжелыми металлами у него выше, а газонные травы произрастают повсеместно и их аккумулирующая способность, как показали результаты экспериментов также большая. Показана зависимость между уровнем загрязнения почвы тяжелыми металлами и интенсивностью их поступления в растения. Так, содержание в почве цинка можно уменьшить на 22,5%, кадмия на 31%, свинца на 40,7%, меди на 29,4% за счет адсорбирующей способности фиторемедиантов. Установлено, что степень поглощения тяжелых металлов выше у подсолнечника по сравнению с растениями, входящими в состав травосмеси. Результаты экспериментов могут представлять интерес для разработки технологии фиторемедиации почв, загрязненных тяжелыми металлами.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, медь, кадмий, свинец, цинк, подсолнечник, газонные растения.

### Кіріспе

Климаттың ғаламдық өзгерісі қазіргі уақытта жер шарындағы ең маңызды экологиялық мәселе болып табылады. Мұндай өзгерістер орташа температураның жоғарылауы, жауын-шашын мөлшерінің азаюы және қоршаған ортаның түрлі химиялық заттармен, атап айтқанда, ауыр металдар мен тұздармен ластануын қамтиды. Заманауи ғалымдардың мақсаты құрғақшылыққа және химиялық ластанған аймақтарда жоғары өнім беретін өсімдік түрлерін зерттеу, сондай-ақ олардың жаңа формаларын жасау болып табы-

лады. Сонымен қатар, ауыр металдармен ластанған аймақтардың топырақ және су жүйелерін қалпына келтіру кезек күттірмейтін өзекті мәселелердің қатарында.

Қоршаған ортаны бақылау мамандарының мәліметтері бойынша биосфераға жыл сайын 20-30 миллиард тонна қатты қалдықтар шығарылады. Оның 50-60%-ы органикалық қосылыстардың үлесіне тиесілі, ал қышқылды газдар немесе аэрозоль түріндегі қалдықтардың үлесі 1 миллиард тоннаны құрайды [1, 2].

Қоршаған ортаға таралған барлық зиянды қалдықтар түптеп келгенде топырақты ластай-

тын заттар болып табылады. Мұндай зиянды заттарға тұрмыстық қалдықтардан бастап, ірі өндіріс орындарынан шығарылатын барлық қалдық түрлері жатады. Өндіріс орындарынан бөлінетін газды немесе аэрозоль түріндегі қалдықтар атмосферада су буымен қосылып, оттегімен тотыға отырып, қышқыл жауын түрінде топыраққа түседі. Осындай газдардың ішінде ең үлкен үлесті күкірт және азот оксидтері алады [3].

Шаң немесе қатты қалдықтар түрінде шығатын заттарды кейде көзбен байқау қиын емес. Мысалы, қыстың күндері өндіріс орындарының маңында ақ қардың бетіндегі кара түйіршіктермен ластану жиі байқалады, сондай-ақ, үлкен жолдардың бойында да осындай көріністер кездеседі. Жазда өсімдік жамылғысының жапырақтарына шаң немесе қатты аэрозоль түріндегі лас заттар устыца арқылы сіңіріледі. Ал күзде өсімдіктердің қурауымен барлық лас заттар топыраққа араласады. Осындай жолдармен ластанған жердің литосфера қабаты қазіргі уақытта ғалымдардың алаңдаушылығын тудырып отыр. Себебі, түрлі жолдармен түскен улы заттардың қоректік тізбек арқылы адам денсаулығына кері әсер ететіні белгілі [1-3].

Қазіргі таңда техногенді ластанған аудандарда әртүрлі аурулардың пайда болуы мен өршуі жиі байқалуда. Ғылыми деректерге сәйкес, адам ағзасы трофикалық байланыстар арқылы тағам өнімдерінен 40-50%, судан 20-40%, ауадан 20-40% улы заттарды қабылдайды [4].

Техногенді ластанған аудандарда асқазан ауруы бірінші орында, тыныс алу жүйесі аурулары екінші, ал қан айналым жүйесі аурулары үшінші орында тұр [5, 6, 11].

Қоршаған ортаны ең көп ластайтын заттар арасында пестицидтер, ауыр металдар және радиоактивті заттар белгілі. Ауыр металдар, әсіресе, жер бетінде кеңінен таралған және тірі ағзаларда жинақталуға өте қабілетті. Жалпы, ауыр металдар – салыстырмалы атомдық массасы 40-тан, тығыздығы 5 г/см<sup>3</sup>-ден жоғары химиялық элементтер. Ауыр металдардың қатарына, улы элементтермен қатар, Менделеев кестесінің шамамен 2/3 бөлігін құрайды. Олардың арасында кадмий, қорғасын және сынап ең улы ауыр металдар болып саналады [7, 8-11].

Қазіргі уақытта ғалымдар ауыр металдармен ластанған аймақтарды қалпына келтірудің түрлі шараларын әзірлеуде. Ластанған қоршаған ортаны қайта қалпына келтірудің физикалық, химиялық және биологиялық әдістері белгілі. Олардың ішінде топырақты биологиялық жол-

мен тазарту – ең тиімді тәсілдердің бірі болып табылады. Бұл үшін ауыр металдарға төзімді, сондай-ақ оларды жер үсті мүшелерінде көп шоғырландыратын өсімдіктерді анықтап, ластанған аймақтарда өсіру, сіңірілген ауыр металдарды арнайы полигондарға көму немесе қайта өңдеу шараларын жүзеге асыру қажет. Ауыр металдарға төзімді және оларды жерүсті мүшелерінде жинақтай алатын гипераккумулятор-өсімдіктердің көмегімен жүргізілетін жұмыстар «фиторемедиация технологиясы» кезеңдерінің бірі болып табылады [8-10, 11-18].

Ауыр металдарға төзімді немесе гипераккумулятор өсімдіктер ластанған қоршаған ортаны қалпына келтіру технологиясының – фиторемедиацияның негізгі құрамдас бөліктерін құрайды. Белгілі гипераккумулятор-өсімдіктер жер үсті мүшелерінде 1%-ға дейін (құрғақ затқа шаққанда) мырыш, никель, селен, мыс, кобальт, марганец, мышьяк, және 0,1%-ға дейін кадмий элементтерін жинақтай алады. Мұндай өсімдіктердің көмегімен 1 гектар жерден (топырақ) 125 кг мырыш және 10 кг кадмий элементтерін жинауға болатындығы дәлелденген [11, 12, 20-25].

Фиторемедиация технологиясы фитоэкстракция (өсімдіктер көмегімен топырақты ауыр металдардан тазарту), фитоволитализация (өсімдіктер көмегімен химиялық элементтерді ұшыру), ризофилтрация (өсімдіктер тамыры арқылы қалдық суларды ауыр металдардан тазарту), және фитостабилизация (өсімдіктер арқылы топырақтағы ауыр металдардың улы формаларын әлсірету) сияқты әдістерге бөлінеді. Фиторемедиацияның тиімділігі ауыр металдарды сіңіретін өсімдік биомассасына тәуелді екендігі немесе тәуелді болмайтындығы туралы ғалымдар арасында пікірталастар әлі күнге дейін жалғасып келеді [11].

Мысалы, өнімділігі жоғары (20 т/га) *Zea mays* және *Brassica juncea* өсімдіктері 100 мг/кг мырыш (Zn) ластанған және төмен рН-та топырақта өсірілген жағдайда, құрғақ биомассасының 50%-ы (10 т.) азаяды. Бұл өсімдіктердің жалпы құрғақ биомассасында 500 мг Zn элементі жинақталған. Ал *T. caerulescens* өсімдігі, жоғарыда аталған өсімдіктермен салыстырғанда, өнімділігі айтарлықтай төмен болғанына қарамастан, Zn-пен ластанған топырақтан 25 000 мг/кг Zn элементін жинақтай алады. Бұл аз биомассада (5 т/га) Zn элементінің 25 г/кг жинақталғанын көрсетеді. Сондықтан R. L. Chaney (1997) және басқа ғалымдар гипераккумулятор-өсімдіктердің құрғақ биомассасының көлемі емес, аз биомасса болса

да, ауыр металдарды жоғары шоғырландыратын төзімді өсімдік түрлері фиторемедиацияның негізі бола алатынын қорытындылады [11-25].

Сидерофорлар (грек тілінен аударғанда «*sideros*» – темір, «*phoros*» – тасымалдаушы) қоршаған ортада темір иондары жетіспеген жағдайда микроорганизмдер мен өсімдіктер шығаратын төмен молекулалы заттар болып табылады. Сидерофорлардың негізгі қызметі – ақуыздармен немесе суда ерімейтін қосылыстармен байланысқан темірді микроорганизмдер үшін қолжетімді  $Fe^{3+}$  иондық түріне айналдыру. Көптеген аэробты және факультативті анаэробты микроорганизмдер кем дегенде бір сидерофорды синтездейді. Сидерофорлар мен микроорганизмдердің вируленттілігі арасындағы байланыс дәлелденіп, оларды клиникалық қолдану әдістері жасалуда [26].

### Зерттеу материалдары мен әдістері

Техногенді ластанған ауданда жүргізілген тәжірибе күнбағыс және газон өсімдіктерінің көмегімен жүргізілді. Газон өсімдіктері, негізінен, жабайы астық тұқымдас өкілдері болып табылады. Олардың қатарында *A. repens* (бидайық), *B. inermis* (костер), *Ag. alba* (ақ суоты), *D. glomerata* (тарғақшөп). Ауыр металдармен ластанған топырақ аударылып жер телімдері тақталарға бөлінді. Бақылау варианты ешқандай өсімдіксіз топырақ аймағы қалдырылды. Келесі тақталарға күнбағыс және газон өсімдіктері егілді. Тәжірибе жаздың үш айында бақыланды. Әр айдың белгіленген уақытында өсімдіктер өсіп тұрған тақталардан талдауға топырақ алынды және атомдық-абсорбциялық спектрофотометриялық әдіс бойынша ауыр металдардың саңдық талдау жасалды.

### Зерттеу нәтижелері және оларды талдау

Жаздың әр айында жүргізілген зерттеулердің қорытындысы бойынша, күнбағыс және газон өсімдіктері отырғызылған тақталарда ауыр металдар мөлшері жаздың ортаңғы айында біршама азайды. Алайда, жаздың соңғы айында топырақтағы ауыр металдар мөлшері қайтадан артты. Бұл құбылыстың себебі, өсімдіктердің алғашқы айларда ауыр металдарды тиімді сіңіруі қарқынды өсу кезеңімен сәйкес келеді. Осы кезеңде өсімдіктің жаңа мүшелері түзілумен қатар, физиологиялық және биохимиялық процестердің қарқындылығы да артады. Жаңа сабақтар мен

жапырақтардың түзілуі тамырға сіңірілген барлық заттардың жоғары қозғалуына әсер етеді.

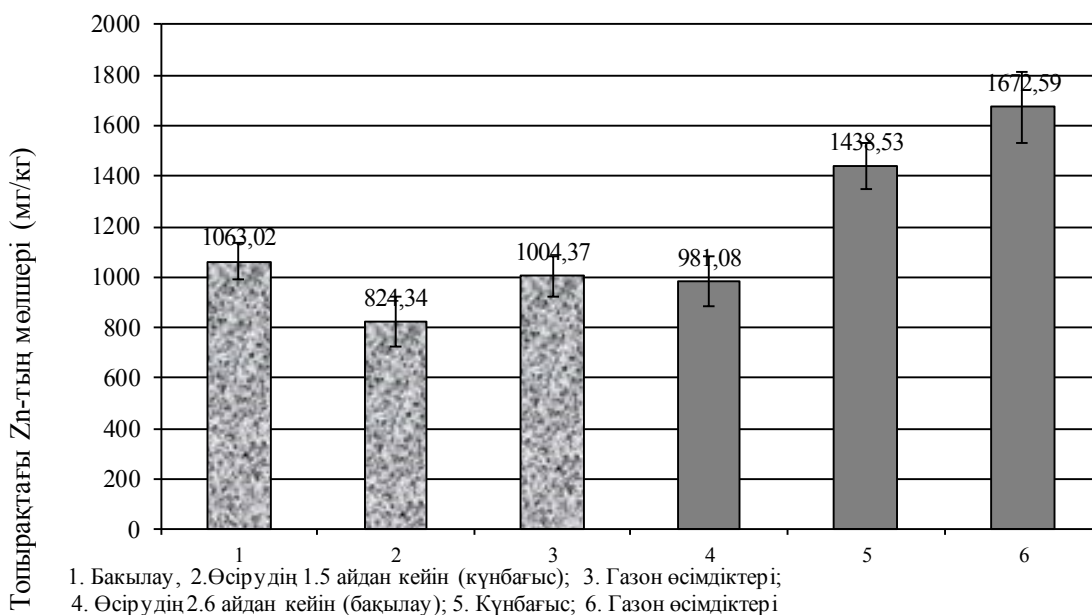
Жаздың соңына қарай өсімдіктердің қарқынды өсу кезеңі аяқталып, жапырақтары солып, сабақтары қурай бастайды. Осы кезеңде барлық процестер баяулап, өсімдікте ыдырау өнімдері кері тамырға тасымалдана бастайды. Нәтижесінде, топырақта ауыр металдардың мөлшері азаймай, қайтадан арта түседі. Бұл, бір жағынан, топыраққа сырттан ауыр металдардың түсуіне, екінші жағынан, жаз бойы сіңірілген ауыр металдардың өсімдік бойынан топыраққа қайта ауысуына байланысты.

Зерттеу нәтижелері келесі суреттерде көрсетілген. Мысалы, 1-суретте мырыштың мөлшері өсірудің 1,5 айында топырақта 1063,02 мг/кг болды. Осы уақытта күнбағыс өскен тақтада мырыштың мөлшері 824,34 мг/кг-ға, ал газондық өсімдіктер өскен тақтада 1004,37 мг/кг-ға азайған. Келесі 1,1 айдан кейін бақылау вариантымен салыстырғанда, мырыштың мөлшері керісінше артып кеткен. Бұл кезде бақылау вариантында мырыштың мөлшері 981,08 мг/кг болса, күнбағыс өскен тақтада 1438,53 мг/кг-ға, газон тақтасында 1672,59 мг/кг-ға дейін артқан. Яғни, 1-кесте мәліметтеріне сүйенсек, 45 күн өсіру барысында топырақтағы мырыштың мөлшері 77,5%-ға дейін төмендесе, 40 күннен кейін керісінше 46,7%-ға артып кеткен.

Сондай-ақ, газондық өсімдіктер топырақтағы мырыш мөлшерін, алғашында, 94,5 %-ға төмендетсе, жаз айының соңында, керісінше, топырақтағы мөлшері 70 %-ға артып кеткендігі анықталды (1-кесте).

Мұндай көрсеткіштер кадмий элементіне жасалған жұмыстарда да қайталанды. Екінші суреттен көріп отырғанымыздай кадмийдің мөлшері 15.07.21 күні бақылау вариантында 5,9 мг/кг болса, күнбағыс өскен тақтада 4,09 мг/кг-ға дейін, ал газондық өсімдіктер өскен тақтада 4,92 мг/кг-ға азайған.

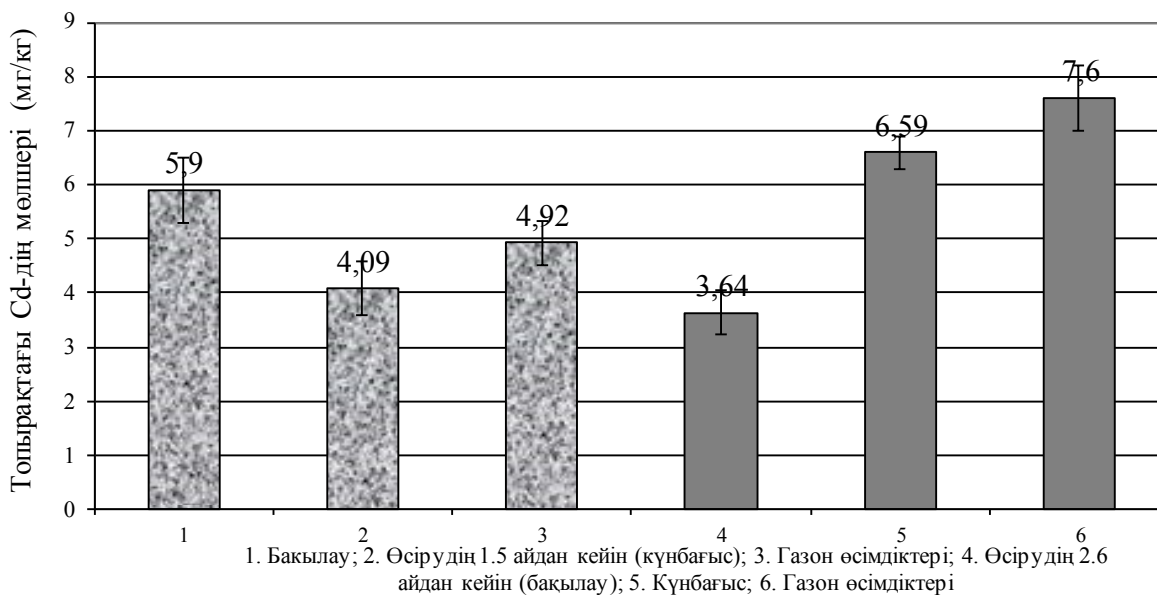
Соңғы айдың көрсеткіштері бойынша топырақтағы кадмийдің мөлшері күнбағыс өскен тақтада 6,59 мг/кг-ға артса, ал газон өскен тақтада 7,6 мг/кг-ға артып кетті. Яғни, 2-кесте мәліметтерінде пайыздық көрсеткішпен есептегендей күнбағыс өскен топырақта өсірудің 1.5 айдан кейін 69 %-ға дейін төмендесе, газон өскен ортада 83 %-ға ғана төмендеді. Керісінше, кадмийдің мөлшері өсірудің 2.6 айдан кейін күндері күнбағыс өскен ортада 81 %-ға артса, газон өскен ортада 108 %-ға дейін артып кеткендігі анықталды (2-кесте).



1-сурет – Далалық тәжірибе жағдайында құнбағыс және газон өсімдіктерінің топырақтағы мырыштың мөлшеріне адсорбциялық әсері

1-кесте – Құнбағыс және газон өсімдіктері өсірілген топырақтағы мырыштың пайызға шаққандағы көрсеткіштері (%)

Варианттар	бакылау	құнбағыс	газон өсімдіктері	бакылау	құнбағыс	газон
Алынған уақыты	өсірудің 1.5 айдан кейін			өсірудің 2.6 айдан кейін		
Пайыздық көрсеткіштері	100	77,5	94,5	100	146,7	170



2-сурет – Далалық тәжірибе жағдайында құнбағыс және газон өсімдіктерінің топырақтағы кадмийдің мөлшеріне адсорбциялық әсері

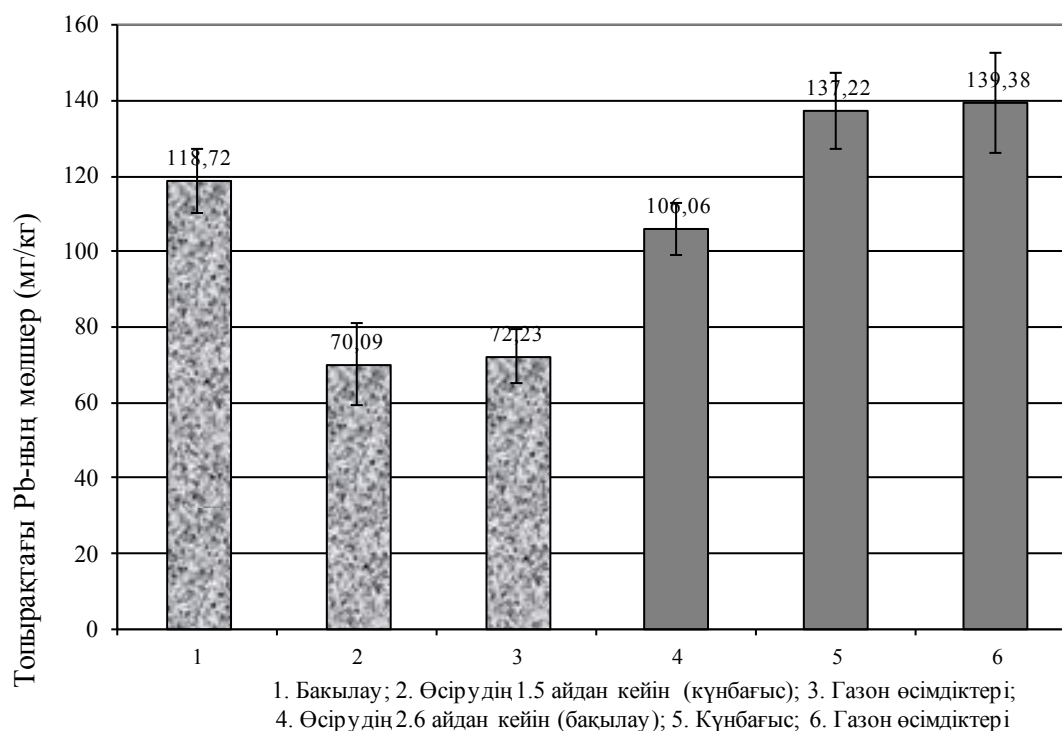
**2-кесте** – Күнбағыс және газон өсімдіктері өсірілген топырақтағы кадмийдің пайызға шаққандағы көрсеткіштері

Варианттар	бақылау	күнбағыс	газон өсімдіктері	бақылау	күнбағыс	газон өсімдіктері
Алынған уақыты	өсірудің 1.5 айдан кейін			өсірудің 2.6 айдан кейін		
Пайыздық көрсеткіштері	100	69	83	100	181	208,7

Осындай көрсеткіштер қорғасын элементімен жүргізілген талдауларда да байқалды. Үшінші суретте көрініп тұрғандай 15.07.21 күні алынған талдау нәтижесінде қорғасынның мөлшері 118,72 мг/кг болса, күнбағыс өскен тақтада бұл көрсеткіш 70,09 мг/кг-ға, ал газон өскен тақтада 72,23 мг-кг-ға азайған. Тәжірибе нәтижелеріне сай жаздың соңғы айларында бақылау вариантында қорғасынның мөлшері 106,06 мг/кг-ды құраса, күнбағыс өскен топырақта оның пайыздық мөлшері 137,22 мг/кг-ға дейін, ал газон өскен топырақта 139,38 мг/кг-ға дейін артты. Егер

бұл көрсеткіштерді 3-кестедегі пайыздық көрсеткіштермен есептейтін болсақ, онда өсірудің 1.5 айдан кейін күндері топырақта қорғасынның мөлшері 59,3 %-ға дейін төмендесе, газондық өсімдіктер өскен топырақ ортада ол көрсеткіш 60,8 пайызды құрады.

Бірақ, қорғасынның мөлшері жаздың соңғы айында өсірудің 2.6 айдан кейін яғни, өсімдік вегетациясының соңына таман керісінше күнбағыс өскен ортада 29 %-ға, газондық өсімдіктер өскен ортада 31%-ға артып кеткендігі байқалды (3-кесте).



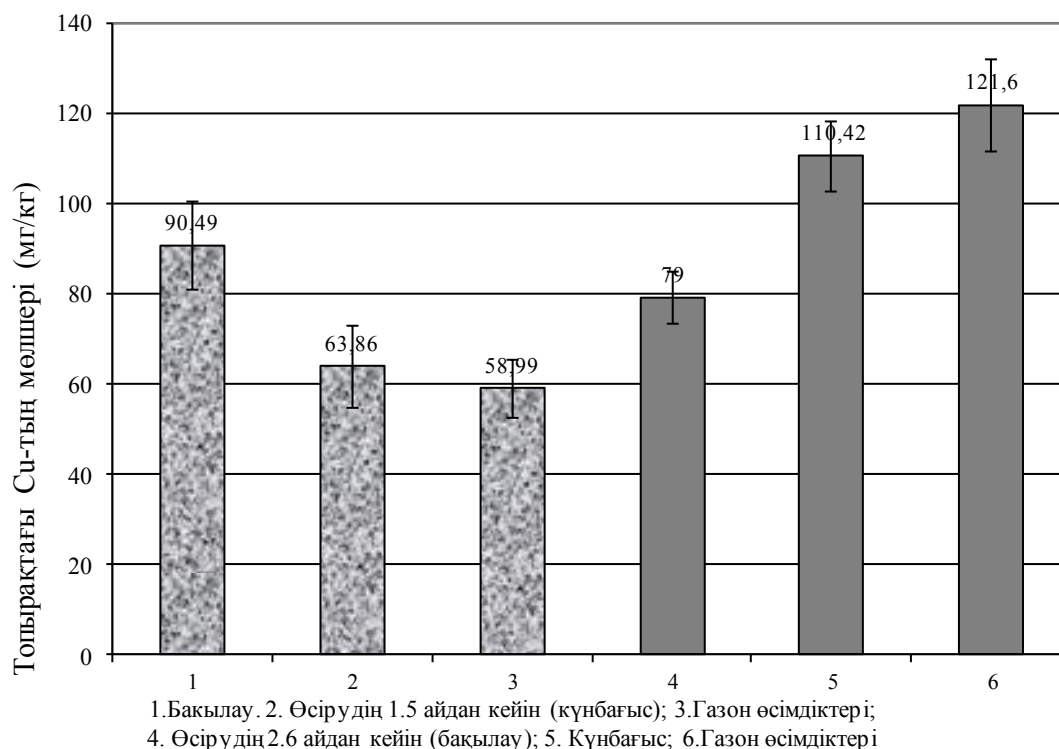
**3-сурет** – Далалық тәжірибе жағдайында күнбағыс және газон өсімдіктерінің топырақтағы қорғасынның мөлшеріне адсорбциялық әсері

**3-кесте – Күнбағыс және газон өсімдіктері өсірілген топырақтағы қорғасынның пайызға шаққандағы көрсеткіштері**

Варианттар	бақылау	күнбағыс	газон өсімдіктері	бақылау	күнбағыс	газон өсімдіктері
Алынған уақыты	өсірудің 1.5 айдан кейін			өсірудің 2.6 айдан кейін		
Пайыздық көрсеткіштері	100	59,3	60,8	100	129	131

Топырақтан ауыр металдардың өсімдіктерге алғашқы қарқынды өсу кезеңінде жақсы сіңіріліп, қартаю немесе вегетацияның соңында топыраққа қайта бөлінетіндігі мыс элементінде де орын алатындығы анықталды. Төртінші суретте байқалып тұрғандай бақылау вариантында 90,49 мг/кг болса, күнбағыс өскен топырақта мыстың мөлшері 63,86 мг/кг-ға дейін, газон өсімдіктері өскен ортада 58,99 мг/кг-ға азайғандығы байқалады. Ал, жаздың

соңғы айында өсірудің 2.6 айдан кейін бақылау вариантында мыстың мөлшері 79 мг/кг мөлшерінде кездесе, күнбағыс өскен тақтада оның мөлшері 110,42 мг/кг-ға, тіпті газон өскен тақтада 121,6 мг/кг-ға дейін артып кеткен. Яғни, 4- кесте мәліметтеріне жүгінсек өсірудің 1.5 айдан кейін күндерінде мыстың мөлшері, бақылаумен салыстырғанда, күнбағыс өскен ортада 70,6 %-ға төмендесе, газондық өскен ортада 65,2 %-ға дейін төмендеді.



**4-сурет – Далалық тәжірибе жағдайында күнбағыс және газон өсімдіктерінің топырақтағы мыстың мөлшеріне адсорбциялық әсері**

**4-кесте** – Күнбағыс және газон өсімдіктері өсірілген топырақтағы қорғасынның пайызға шаққандағы көрсеткіштері

Варианттар	бақылау	күнбағыс	газон өсімдіктері	бақылау	күнбағыс	Газон өсімдіктері
Алынған уақыты	өсірудің 1.5 айдан кейін			өсірудің 2.6 айдан кейін		
Пайыздық көрсеткіштері	100	70,6	65,2	100	140	154

Бірақ, келесі өсірудің 2.6 айдан кейін күндері алынған талдау нәтижелері көрсеткендей бақылау вариантымен салыстырғанда, мыстың мөлшері күнбағыс өскен ортада 40 %-ға, газондық өсімдіктер өскен ортада 54 %-ға артып кеткендігі анықталды.

Сонымен, жоғарыдағы алынған мәліметтерді ескере отырып, келесідей қорытындылар жасауға болады:

**Қорытынды**

1. Жоғарыда келтірілген көрсеткіштерді ескере отырып өсімдіктер ауыр металдарды алғашқы өсу кезеңінде қарқынды сіңіретіндігі анықталды. Ол үшін тәжірибедегі барлық элементтерге ортақ үрдіс екендігі аңғарылды. Алынған мәлі-

меттерді ескере отырып өсімдіктер көмегімен техногенді ластанған аймақтардағы топырақтарды ауыр металдардан өсімдіктер көмегімен біршама арылтуға болатындығын байқауға болады. Яғни, алынған мәліметтер бойынша мырышты 22,5 %-ға, кадмийді 31%-ға, қорғасынды 40,7%-ға, мысты 29,4%-ға дейін төмендетуге болатындығы анықталды. Ол үшін өсімдіктердің вегетациялық қандай кезеңінде ауыр металдарды қарқынды сіңіретіндігін анықтай түсу керек.

2. Сонымен қатар, тәжірибеге алынған газон өсімдіктеріне қарағанда күнбағыс өсімдігінің тиімділігі жоғары екендігі белгілі болды. Себебі, жаздың ортаңғы айында күнбағыс өсімдігі өскен тақтада, газондық өсімдіктермен салыстырғанда, барлық элементтердің біршама жақсы сіңіретіндігі анықталды.

**Әдебиеттер**

1. Wiszniewska A., Hanus-Fajerska E., Muszyńska E., Ciarkowska K. Natural Organic Amendments for Improved Phytoremediation of Polluted Soils: A Review of Recent Progress. *Pedosphere*. 2016; 26:1–12. doi: 10.1016/S1002-0160(15)60017-0.
2. Baker D.E., Chesnin L. Chemical Monitoring of Soils for Environmental Quality and Animal and Human Health. *Adv. Agron.* 2002; 27:305–374. doi: 10.1016/S0065-2113(08)70013-0.
3. Manoj S.R., Karthik C., Kadirvelu K., Arulselvi P.I., Shanmugasundaram T., Bruno B., Rajkumar M. Understanding the Molecular Mechanisms for the Enhanced Phytoremediation of Heavy Metals through Plant Growth Promoting Rhizobacteria: A Review. *J. Environ. Manage.* 2020; 254:109779. doi: 10.1016/j.jenvman.2019.109779
4. Панин М. С. Формы соединений тяжелых металлов в почвах средней полосы Восточного Казахстана // Издательство «Государственный университет Семей» Семипалатинск, 1999.- 329 с.
5. Мукашева М. А. Гигиеническая характеристика экологической нагрузки на организм по микроэлементному анализу (при натуральных и экспериментальных исследованиях. // Автореф. диссер. канд. биол. наук.- Алматы, 1998.- 25 с.
6. Жансерикова А. Ж. Гигиеническая оценка и прогнозирование качества почвы в зоне Карашыганакского нефтегазоконденсатного месторождения. // Автореф. диссер. кон. биол. наук.- Алматы, 1998.- 26 с.
7. Lukić B., Huguenot D., Panico A., Fabbicino M., van Hullebusch E.D., Esposito G. Importance of Organic Amendment Characteristics on Bioremediation of PAH-Contaminated Soil. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2016; 23:15041–15052. doi: 10.1007/s11356-016-6635-z.
8. Sarkar T., Alam M.M., Parvin N., Fardous Z., Chowdhury A.Z., Hossain S., Haque M.E., Biswas N. Assessment of Heavy Metals Contamination and Human Health Risk in Shrimp Collected from Different Farms and Rivers at Khulna-Satkhira Region, Bangladesh. *Toxicol. Rep.* 2016; 3:346–350. doi: 10.1016/j.toxrep.2016.03.003.
9. Ahluwalia S.S., Goyal D. Microbial and Plant Derived Biomass for Removal of Heavy Metals from Wastewater. *Bioresour. Technol.* 2007; 98:2243–2257. doi: 10.1016/j.biortech.2005.12.006.
10. Серегин И. В., Иванов В. Б. Физиологические аспекты токсического действия кадмия и свинца на высших растения // Физиол. Раст. 2001.- Т. 48.- №4.- С. 606-630.
11. Киршибаев Е.А. Ауыр металдардың астық тұқымдас өсімдіктердің өніп-өсуі мен фитосидерофорлар бөліп шығаруына әсері // биолғылым. кандидат. алу үшін жазылған диссер- Алматы 2006.11.24. 96 б.



12. Chaney R. L., Yin Ming Li., Scott J. Improving metal hyperaccumulator wild plants to develop commercial phytoextraction systems // *Approaches and Progress*. New York 1998. – 37 p.
13. Chaney R. L., Malik M., Yin Ming Li., Brawn E. P., Angle J. S., Baker J. M. Phytoremediation of soil metals // *Current Opinions in Biotechnology*. 1997. – № 8.- p. 279-284.
14. Anderson TA, Coats JR 1994 Bioremediation through rhizosphere technology. ACS symposium Series, vol 563. American Chemical Society, Washington, DC, 249 pp
15. Baker AJM, Brooks RR 1989. Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements– a review of their distribution, ecology and phytochemistry. *Biorecovery* 1, 81-126
16. Chaney RL, Malik M, LI YM, Brown SL, Brewer EP, Angle JS, Baker AJM 1997. Phytoremediation of soil metals. *Curr. Opin. Biotechnol* 8, 279-284.
17. Barceló J., Vázquez M.D., Mádico J., Poschenrieder C. 1994. Hyperaccumulation of zinc and cadmium in *Thlaspi caerulescens*. In: S.P. Varnavas (ed.) *Environmental Contamination CEP Consultants Ltd.*, Edinburgh, pp 132-134.
18. Bech J, Poschenrieder C, Llugany M, Barceló J, Tume P, Tobias FJ, Barranzuela JL, Vázquez ER 1997 Arsenic and heavy metal contamination of soil and vegetation around a copper mine in Northern Peru. *Sci. Total Environ.* 203, 83-91
19. Elkatib EA, Thabet AG, May AM 2001. Phytoremediation of cadmium contaminated soils: role of organic complexing agents in cadmium phytoextraction. *Land Contamination & Reclamation* 9, 301-306
20. Escarre J, Lefebvre C, Gruber W, LeBlanc M, Lepart J, Riviere Y, Delay B 200. Zinc and cadmium hyperaccumulation by *Thlaspi caerulescens* from metalliferous and nonmetalliferous sites in Mediterranean area: implications for phytoremediation. *New Phytol.* 145, 429-437
21. Köhl KI, Harper FA, Baker AJM, Smith JAC 1997. Defining a heavy metal hyperaccumulator plant. The relationship between metal uptake, allocation and tolerance. *Plant Physiol* 114, 124.
22. Krämer U, Pickering IJ, Prince RC, Raskin I, Salt DE 2000. Subcellular localization and speciation of nickel in hyperaccumulator and non-accumulator *Thlaspi* species. *Plant Physiol.* 122, 1343-1353.
23. Lasat M M, Baker AJM, Kochian LV 1996. Physiological characterization of root Zn<sup>2+</sup> absorption and translocation to shoots in Zn hyperaccumulator and nonaccumulator species of *Thlaspi*. *Plant Physiol* 112, 1715-1722
24. McGrath SP 1990. Phytoextraction for soil remediation. In: RR Brooks (ed.) *Plants that Hyperaccumulate Heavy Metals*. CAB International, Wallingford, UK, pp261-287.
25. Raskin I, Smith RD, Salt DE 1997. Phytoremediation of metals: using plants to remove pollutants from the environment. *Curr. Opin. Biotechnol.* 8, 221-226
26. Neilands, J. B. Siderophores : Structure and Function of Microbial Iron Transport Compounds / J. B. Neilands // *J. Biol. Chem.* – 1995. – Vol. 270, № 45. – P. 26723–26726.

## References

1. Ahluwalia S.S., Goyal D. (2007) Microbial and Plant Derived Biomass for Removal of Heavy Metals from Wastewater. *Bioresour. Technol.*, vol. 98, pp. 2243–2257.
2. Anderson TA., Coats JR. (1994) Bioremediation through rhizosphere technology. ACS symposium Series, American Chemical Society, Washington, DC., vol. 563, pp. 249.
3. Baker AJM., Brooks RR. (1989) Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements – a review of their distribution, ecology and phytochemistry. *Biorecovery.*, vol. 1, pp. 81-126.
4. Barceló J., Vázquez M.D., Mádico J., Poschenrieder C. (1994) Hyperaccumulation of zinc and cadmium in *Thlaspi caerulescens*. In: S.P. Varnavas (ed.) *Environmental Contamination CEP Consultants Ltd.*, Edinburgh., pp. 132-134.
5. Bech J., Poschenrieder C., Llugany M., Barceló J., Tume P., Tobias FJ., Barranzuela JL, Vázquez ER. (1997) Arsenic and heavy metal contamination of soil and vegetation around a copper mine in Northern Peru. *Sci. Total Environ.*, vol. 203, pp. 83-91.
6. Baker D.E., Chesnin L. (2002) Chemical Monitoring of Soils for Environmental Quality and Animal and Human Health. *Adv. Agron.*, vol. 27, pp. 305–374.
7. Chaney R. L., Yin Ming Li., Scott J. (1998) Improving metal hyperaccumulator wild plants to develop commercial phytoextraction systems. *Approaches and Progress*. New York – 37 p.
8. Chaney R. L., Malik M., Yin Ming Li., Brawn E. P., Angle J. S., Baker J. M. (1997) Phytoremediation of soil metals. *Current Opinions in Biotechnology*, № 8, pp. 279-284.
9. Chaney RL, Malik M, LI YM, Brown SL, Brewer EP, Angle JS, Baker AJM (1997) Phytoremediation of soil metals. *Curr. Opin. Biotechnol.*, vol. 8, pp. 279-284.
10. Elkatib EA., Thabet AG., May AM. (2001) Phytoremediation of cadmium contaminated soils: role of organic complexing agents in cadmium phytoextraction. *Land Contamination & Reclamation*, vol. 9, pp. 301-306.

11. Escarre J., Lefebvre C., Gruber W., LeBlanc M., Lepart J., Riviere Y., Delay B. (2000) Zinc and cadmium hyperaccumulation by *Thlaspi caerulescens* from metalliferous and nonmetalliferous sites in Mediterranean area: implications for phytoremediation. *New Phytol.*, vol. 145, pp. 429-437.
12. Kirshibaev E.A. (2006) *Auyr metaldardyn astyq tyqymdas osimdikterdin onip-osui men fitosideroforlar belip shygaruyna oseri. biolrylym. kandidat. alu yshin zhazylyan disser.*, Almaty. 96 b.
13. Köhl KI., Harper FA., Baker AJM., Smith JAC. (1997) Defining a heavy metal hyperaccumulator plant. The relationship between metal uptake, allocation and tolerance. *Plant Physiol.*, pp. 114-124.
14. Krämer U., Pickering IJ., Prince RC., Raskin I., Salt DE. (2000) Subcellular localization and speciation of nickel in hyperaccumulator and non-accumulator *Thlaspi* species. *Plant Physiol.*, vol. 122, pp. 1343-1353.
15. Lukić B., Huguenot D., Panico A., Fabbicino M., van Hullebusch E.D., Esposito G. (2016) Importance of Organic Amendment Characteristics on Bioremediation of PAH-Contaminated Soil. *Environ. Sci. Pollut.*, vol. 23. pp. 15041–15052.
16. Lasat M M., Baker AJM., Kochian LV. (1996) Physiological characterization of root Zn<sup>2+</sup> absorption and translocation to shoots in Zn hyperaccumulator and nonaccumulator species of *Thlaspi*. *Plant Physiol.*, vol. 112, pp. 1715-1722.
17. Manoj S.R., Karthik C., Kadirvelu K., Arulselvi P.I., Shanmugasundaram T., Bruno B., Rajkumar M. (2020) Understanding the Molecular Mechanisms for the Enhanced Phytoremediation of Heavy Metals through Plant Growth Promoting Rhizobacteria: A Review. *J. Environ. Manage.*, vol. 254, pp. 109779.
18. Mukasheva M. A. (1998) *Gigienicheskaya harakteristika ekologicheskoy nagruzki na organizm po mikroelementnomu analizu (pri natural'nyh i eksperimental'nyh issledovaniyah. Avtoref. disser. kand. biol. nauk. Almaty. 25 s.*
19. McGrath SP. (1990) Phytoextraction for soil remediation. In: RR Brooks (ed.) *Plants that Hyperaccumulate Heavy Metals*. CAB International, Wallingford, UK., pp. 261-287.
20. Panin M. S. (1999) *Formy soedinenij tyazhelyh metallov v pochvah srednoj polosy Vostochnogo Kazahstana. Izdatel'stvo «Gosudarstvennyj universitet Semej» Semipalatinsk, 329 s.*
21. Raskin I., Smith RD., Salt DE. (1997) Phytoremediation of metals: using plants to remove pollutants from the environment. *Curr. Opin. Biotechnol.*, vol. 8, pp. 221-226.
22. Seregin I. V., Ivanov V. B. (2001) *Fiziologicheskie aspekty toksicheskogo dejstviya kadmiya i svinca na vysshih rasteniya. Fiziol. Rast.*, T. 48, №4, S. 606-630.
23. Sarkar T., Alam M.M., Parvin N., Fardous Z., Chowdhury A.Z., Hossain S., Haque M.E., Biswas N. (2016) Assessment of Heavy Metals Contamination and Human Health Risk in Shrimp Collected from Different Farms and Rivers at Khulna-Satkhira Region, Bangladesh. *Toxicol. Rep.*, vol. 3, pp. 346–350.
24. Wiszniewska A., Hanus-Fajerska E., Muszyńska E., Ciarkowska K. (2016) Natural Organic Amendments for Improved Phytoremediation of Polluted Soils: A Review of Recent Progress. *Pedosphere.*, vol. 26, pp. 1–12.
25. Zhanserikova A. Zh. (1998) *Gigienicheskaya ocenka i prognozirovanie kachestva pochvy v zone Karashyganakskogo nevtgazokondensatnogo mestorozhdeniya. Avtoref. disser. kon. biol. nauk. Almaty. 26 s.*
26. Neilands, J. B. (1995) Siderophores: Structure and Function of Microbial Iron Transport Compounds. *J. B. Neilands. J. Biol. Chem.*, vol. 270, № 45, pp. 26723–26726.

**Авторлар туралы мәліметтер:**

*Киршибаев Ерлан Ахметкалиевич – (корреспондент автор) биология ғылымдарының кандидаты, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің аға оқытушысы (Алматы, Қазақстан, e-mail: er\_biol@mail.ru)*

*Тулеева Гулмира Төреқазықызы – магистр, Қазақстан-Ресей Медициналық университетінің аға оқытушысы (Алматы, Қазақстан, e-mail: tuleeva.gulmira@bk.ru)*

*Ережепов Әділ – биология ғылымдарының кандидаты, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің доценті (Алматы, Қазақстан, e-mail: adil.yerezhepov@mail.ru)*

*Оразбаев Әділхан Ергешұлы – химия ғылымдарының кандидаты, Нұр-Мұбарак Египет ислам мәдениеті университетінің аға оқытушысы (Алматы, Қазақстан, e-mail: orazbaevadilkhan75@gmail.com)*

*Мұқашева Дана Мадиярқызы – PhD-доктор, I. Жансүгіров атындағы Жетісу университетінің аға оқытушысы (Талдықоған, Қазақстан, e-mail: anagul.mukasheva.84@mail.ru)*

*Турашева Светлана Қазбекқызы – биология ғылымдарының кандидаты, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің доценті (Алматы, Қазақстан, e-mail: svetlana.turashева@kaznu.kz)*

*Сагиндыкова Эльвира Умировна – педагогикалар ғылымдарының кандидаты, Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университетінің доценті (Ақтау, Қазақстан, e-mail: elvira.sagindykova@yu.edu.kz)*

**Information about authors:**

*Kirshibayev Yerlan Akhmetkalievich – (corresponding author) Candidate of Biological Sciences, senior lecturer of the KazNU named after Al-Farabi (Almaty, Kazakhstan, e-mail: er\_biol@mail.ru)*

*Tuleeva Gulmira Torekaziovna – Master, senior lecturer of the Kazakhstani-Russian Medical University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: tuleeva.gulmira @bk.ru)*

*Erezhepov Adil – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the KazNU named after Al-Farabi (Almaty, Kazakhstan, e-mail: adil.yerezhepov@mail.ru)*

*Orazbayev Adilkhan Ergeshovich – Candidate of Chemical Sciences, senior lecturer of the Egyptian University for Islamic culture Nur-Mubarak (Almaty, Kazakhstan, e-mail: orazbaevadilkho75@gmail.com)*

*Mukasheva Dana Madiyarovna – PhD-doctor senior teacher of the Zhetysay University named after I. Zhansugurova (Taldykorgan Kazakhstan, e-mail: danagul.mukasheva.84@mail.ru)*

*Turasheva Svetlana – Candidate of Biological Sciences, associate professor of the KazNU named after Al-Farabi (Almaty, Kazakhstan, e-mail: svetlana.turasheva@kaznu.kz)*

*Sagindykova Elvira Umirovna – candidate pedagogical sciences associate professor of the Caspian University of Technologies and Engineering named after Yessenov (Aktau, Kazakhstan, e-mail: elvira.sagindykova@yu.edu.kz)*

*Келін түсті 6 маусым 2024 жыл  
Қабылданды 20 қараша 2024 жыл*