

«Биомассаларды каскадты қолдану арқылы екінші деңгейлі биоотындар түзетін өсімдіктердің көмегімен хлороорганикалық пестицидтермен зақымдалған топырақтарды қалпына келтіру» тақырыбында  
«6D070100 – Биотехнология» мамандығы бойынша философия докторы (PhD)  
ғылыми дәрежесін алу үшін Мамирова Айгерим Аманжоловнаның  
диссертациясына

## АҢДАТПА

**Жұмыстың жалпы сипаттамасы.** Диссертация органикалық және бейорганикалық топырақтың ластануына қатысты перспективті энергетикалық өсімдіктердің фиторемедиациялық әлеуетін зерттеуге және фиторемедиация тиімділігін арттыру әдістерін әзірлеуге, кейіннен биомасса өндірісін биоөнімдерге айналдыруға арналған.

**Зерттеу тақырыбының өзектілігі.** Қоршаған ортаны бақылау әр түрлі ксенобиотиктермен ластанған жерлерді анықтайды, сондықтан бұл жерлерді пайдалануды шектейді. Осылайша, экологиялық матрицаларды тазартудың экономикалық тиімді және экологиялық таза әдістерін іздеу, зерттелуге лайықты маңызды бағыт болып табылады. Алайда, шектеулі ғана зерттеулер, экожүйелердің аралас ластануына арналған, ал табиғи жағдайда бұл ең көп таралған экологиялық проблема. Қоршаған ортаның осындай аралас ластануы Қазақстан Республикасының өткір экологиялық проблемасы болып табылады. Экономиканың түрлі салаларының: мұнай-газ, металлургияның, уран өндірудің немесе Байқоңыр ғарыш айлағының жұмысының дамуына байланысты осындай ластануы бар аумақтар әртүрлі өңірлерде бар. Осы қызмет түрлерінің ұлттық экономикаға қосқан зор үлесіне қарамастан, топырақтардың ластануына алып келеді. Осындай ластану жағдайға қарсы тұру және жергілікті халықты қорғау үшін басқару стратегияларын қажет етеді. Сонымен қатар, ауылшаруашылығының қарқынды тәжірибесі және 1960 жылдардағы ескірген пестицидтердің бұрынғы қоймалары Қазақстан, Украина және Молдовадағы қоршаған ортаға өте қауіпті болып келеді.

Ластауыштардың қоршаған ортаға және адам денсаулығына әсер етуінің алдын алу бойынша қажетті қадамдардың бірі ластанған топырақты қалпына келтіру болып табылады. Қазіргі уақытта топырақты қалпына келтірудің екі бағыты кеңінен қолданылады: ксенобиотиктерді алу және физика-химиялық өңдеу. Бұл технологиялар өте қуатты және үлкен капиталды қажет етеді. Сондықтан фиторемедиация топырақты қалпына келтірудің физикалық немесе химиялық әдістеріне балама ретінде, экожүйемен үйлесімді түрде өзара әрекеттесетін өте перспективті технология болып табылады. Бұл технология улы микроэлементтермен, көмірсутектермен, пестицидтермен, мұнай өнімдерімен, сондай-ақ Радионуклидтермен ластанған топырақты қалпына келтіру үшін өсімдіктерді пайдалануға негізделген. Алайда, фиторемедиацияда ұзақ қалпына келтіру кезеңі, ластанған биомассаны жою қажеттілігі, сондай-ақ топырақтағы органикалық ксенобиотиктердің баяу ыдырауы сияқты шектеулер бар.

Қазіргі уақытта фиторемедиация процесінде биоэнергетикалық өсімдіктерді қолдану тұрақты өсуге қол жеткізу үшін энергетикалық өнімдерге айналдыру үшін балама шикізатты іздеуге бағытталған. Био-экономика стратегиясына сәйкес танымал бола бастады. Мұндай өсімдіктер топырақтан ластаушы заттардың көп мөлшерін алып тастауға жеткілікті биомассаның тез өндірісімен оңай өсуі керек. Әрине, қалпына келтіру сипаты өсімдіктің тиісті ластаушы затты сіңіру және жинақтау қабілетіне тікелей байланысты болады. Ұзақ мерзімді перспективада алынған биомассаның сапасына жауап беретін және оны қолдануға әсер ететін лигниннің, целлюлоздың және лигоцеллюлозаның жоғары мөлшері ескеріле отырып, биоэнергетикалық өсімдіктердің маңызды қасиеті болып табылады.

**Зерттеудің мақсаты.** Зерттеудің мақсаты – фиторемедиация технологиясын оңтайландыру үшін хлорорганикалық пестицидтер (ОХП) мен улы микроэлементтермен (УМЭ) энергетикалық өсімдіктер түрлеріне әсерінің физиологиялық сипаттамаларын анықтау және фиторемедиация кезінде пайда болған биомассаны биоөнімге айналдыру әдістерін жасау.

органохлорлы пестицидтермен (ОХП) және улы микроэлементтермен (УМЭ) ластанған топырақтың фиторемедиациясында қолдануға жарамды, екінші буын энергетикалық өсімдіктерін анықтау және фиторемедиация кезінде пайда болған биомассаны биоөнімге айналдыру әдістерін жасау.

Мақсатқа жету үшін зерттеудің негізгі міндеттері:

1. Биомассаның жоғары шығарымдылығын өндіретін және ОХП немесе УМЭ жинауға және/немесе ыдыратуға қабілетті, ОХП немесе УМЭ ластанған топырақтың фиторемедиациясында қолдануға жарамды екінші буын энергетикалық өсімдіктерін анықтау.

2. Энергетикалық дақылдардың топырақтағы ОХП пен УМЭ-дің жоғары концентрациясына тұрақтылығын зерттеу.

3. ОХП және УМЭ ластанған топырақтарға органикалық және органикалық емес қоспаларды енгізу арқылы энергетикалық дақылдардың өсуін, биомасса өндірісін және фиторемедиациялық әлеуетті оңтайландыру.

4. Фиторемедиация процесі нәтижесінде алынған энергетикалық дақылдардың ластанған биомассасын кәдеге жарату әдісін жасау.

**Зерттеу нысандары.** Топырақ: а) тарихи ластанған ОХП; б) жасанды ластанған УМЭ. Екінші буын энергетикалық өсімдіктері: а) *Miscanthus sinensis* And.; б) *Miscanthus × giganteus* Greif et Deu.

**Зерттеу пәні.** Физиологиялық (өсімдіктерді стресс индикаторларының болуына көзбен қарау; биомассаның өнімділігін өлшеу), химиялық (ластанған топырақтың агрохимиялық профилі; электротермиялық атомизациясы бар атомды сіңіру спектрометриясы; электронды түсіру детекторы бар газ хроматографиясы), биотехнологиялық (микрклональды көбею), Adobe Illustrator кескінін талдау, редакциялау бағдарламасы және статистикалық талдау бағдарламалық жасақтамасы R. Эксперименттік мәліметтер жеткілікті қайталануларға ие болды және статистикалық тұрғыдан сенімді болды.

**Зерттеудің практикалық мәні.** Зерттеу барысында алғаш рет мыналар анықталды: а) *Miscanthus sinensis* топырақтағы 15 Тұрақты Органикалық

Ластағыш пестицидтерін қоса алғанда, көптеген ОХП жоғары концентрациясына төтеп беруге қабілеті; б) фиторемедиацияда zero-waste тәсілге қол жеткізу үшін *Miscanthus* × *giganteus* ластанған тамырларынан биокөмір өндіруге әлеуеті.

**Жұмыстың теориялық маңызы.** Диссертацияда өсімдіктердің ксенобиотиктердің әсеріне бейімделу модельдерінің теориялық тұжырымдамаларын шешу үшін екінші буын энергетикалық дақылдарының органохлорлы пестицидтерге және улы микроэлементтермен ластануына төзімділігінің морфологиялық және физиологиялық параметрлерінің негізгі аспектілері қарастырылған.

Осылайша, диссертацияның теориялық және практикалық маңызы бар.

**Қорғауға ұсынылатын негізгі тұжырымдар:**

1. Бұрынғы ескірген пестицидтер қоймасының айналасындағы топырақ ШРК-дан 1000 есеге дейін асатын концентрациядағы 15 төл пестицидтерін (альдрин, хлордан, 2.4-ДДД, 4.4-ДДД, 4.4-ДДЭ, 4.4-ДДТ, дикофол, дильдрин, эндрин, эндосульфан  $\alpha$  және  $\beta$ , ГХБ,  $\alpha$  -,  $\beta$  - және  $\gamma$ -ГХЦГ және гептахлор) қоса алғанда, 24 ХОП атауларымен ластанған, олар қауіп төндіреді қоршаған орта мен адам денсаулығы үшін.

2. *M. sinensis* көптеген топырақтың ХОП қатты ластануына (145 мг кг<sup>-1</sup>) төзімді *M. × giganteus*-тен айырмашылығы. 0.99-ға тең өсімдіктің төзімділік индексі жоғарыда аталған тұжырымды растайды. Өсімдік биіктігі мен жер үсті биомассасының құрғақ салмағы 5% және 23% төмендеді, ал тамыр ұзындығы мен құрғақ салмағы сәйкесінше 16% және 11% өсті. ХОП хлорофилл пигменттерінің құрамына әсер ететіні анықталды: *Chl<sub>a</sub>* 30%, *Chl<sub>b</sub>* 37%, каротиноидтар 29% төмендеді.

3. *M. sinensis* ластанған топырақтан ХОП сіңіре алады, 66.8, 35.9, 21.1, 21.7, 6.6 және 28.7 ВСФ-мен дикофол, хлордан, дильдрин, эндосульфан сульфат,  $\beta$ -ГХЦГ және ГХБ гипераккумуляциялай алады. Энергетикалық дақылдың биоконцентрациялық коэффициенттері 1-ден жоғары және сәйкесінше 2.1, 1.5, 3.9, 1.1, 1.6, 2.7, 2.6, 1.2 и 2.1-ге тең 4.4-ДДЭ, 4.4-ДДТ, метоксихлор,  $\gamma$ -ГХЦГ, альдрин, гептахлор, эндосульфан  $\beta$ , эндрин альдегид және гексабромбензенді биоконцентраттау мүмкіндігі бар. Транслокация коэффициенттері 0.49, 0.07 және 0.47 тең 4.4-ДДЭ, дикофол және хлордан фитотұрақтандыру және TLF 4 04, 84 және 2.01-ге тең  $\beta$ -ГХЦГ,  $\gamma$ -ГХЦГ және гептахлорды фитоэкстракциялау қабілеті бар. 4.4-ДДТ, метоксихлор, алдрин, дильдрин, эндосульфан  $\beta$ , эндосульфан сульфаты және эндрин альдегиді өсімдік ішінде біркелкі өсімдікке біркелкі таралады. Корреляциялық талдау ХОП-дің топырақтан сіңуі олардың гидрофобтылығына байланысты екенін растады: гидрофобтылық жоғары болған сайын өсімдік ұлпаларында жинақталуы аз болады. Бұрынғы пестицидтер қоймасының маңында жиналған ластанған топырақта өсетін *M. sinensis* ХОП бейімделу кезінде физиологиялық төзімділік механизмін дамытқаны, яғни фитотұрақтандыру механизмдері мен фитоэкстракцияны қолдану арқылы топырақ-тамыр-жер үстіндегі биомасса жүйесінде ХОП жинақталуы және қозғалуы анықталды. *M. sinensis* ХОП-мен ластанған топырақты қалпына келтіру үшін пайдаланылуы мүмкін.

4. ХОП-мен ластанған топырақта *M. sinensis* өсіру жағдайларын оңтайландыру Tween 20 қолдану өсімдіктің биіктігі мен тамыр ұзындығын сәйкесінше 16.6% және 20.8% арттыратынын көрсетті; жинақталуын арттырады және альдрин, хлордан, дильдрин, эндосульфан  $\beta$ , эндосульфан сульфат, эндрин альдегид, гептахлор, гексабромбензен, метоксихлор, 4.4-ДДТ, и 4.4-ДДЭ-ге фитотұрақтандырғыш әсер береді, олардың сіңірілуін арттырып және сәйкесінше жер үстіндегі биомассаға транслокациясын 2.2 және 10.4, 1.4 және 6.0, 2.2 және 11.3, 1.8 және 6.1, 2.5 және 8.2, 2.3 және 10.1, 1.3 және 8.5, 1.3 және 16.0, 1.2 және 13.6, 2.1 және 17.5, 1.6 және 3.9 есе азайтып. Tween 20 ГХБ,  $\beta$ -ГХЦГ және  $\gamma$ -ГХЦГ сіңуін тиісінше 2.7, 1.3 және 23.1 есе төмендетеді; дикофолдың фитоэкстракциясын қамтамасыз етеді, миграцияны 2.2 есеге арттырып: Tween 20 қолдану ХОП сіңірілуі мен фитостабилизациясының тиімділігін арттырады.

Белсендірілген көмірді (БК) ХОП-мен ластанған топыраққа қолдану альдрин, хлордан, дильдрин, эндосульфан  $\beta$ , эндосульфан сульфат, эндрин альдегид, ГХБ, гептахлор, гексбромобензен, метоксихлор,  $\beta$ -ГХЦГ,  $\gamma$ -ГХЦГ және 4.4-ДДТ сіңірудің сәйкесінше 1.6, 3.0, 1.6, 1.1, 1.4, 1.5, 3.0, 1.4, 2.0, 1.5, 2.4, 23.1 және 1.4 есеге, төмендеуін көрсетті. Хлорданды қоспағанда (жер үстіндегі биомассаға транслокациясы 1.8 есе өсті), 1.9-дан 115 есеге дейінгі диапазондағы барлық ХОП фитотұрақтандыруы күшейтілген.

5. *M. × giganteus* (ТІ 2.0-ге дейін) жоғары V (ШРК-дан 11.7 есе жоғары), Sr (59.8×ШРК), Cr (2.7×ШРК), Ni (2.1× ШРК) және әсіресе Pb (4.6× ШРК және 33.9×ШРК), топырақтың жасанды ластануына байланысты ең биожетімді болды, демек, топырақтың қартаю процесі жоқ. Ластанған топырақтан УМЭ сіңіруге қабілетті энергетикалық өсімдік: УМЭ көп ластану жағдайында *M. × giganteus* жер үсті биомассасы мен тамырлар үшін сәйкесінше 1.2-1.6 және 0.5-0.7 биоконцентрация коэффициенттерімен Mn фитоэкстракциясына қабілетті. Топырақтағы Pb концентрациясының жоғарылауымен жер үсті биомассасында және тамырларда Mn жинақталуы тиісінше 25.6% және 31.8% төмендеді. Қалған төрт УМЭ үшін, атап айтқанда Cu, Zn, Sr және Pb, *M. × giganteus* көптеген УМЭ ластануы жағдайында олардың биоконцентрациясының әлеуеті жоқ (BCF 1-ден аз, тіпті 0.1-ден, Zn қоспағанда). Оның үстіне *M. × giganteus* топырақтың бірнеше УМЭ-мен ластануы кезінде V, Cr және Ni сіңіріп, жинақтай алмайды.

6. УМЭ-мен ластанған топырақта *M. × giganteus* өсіру жағдайларын оңтайландыру RGPB *B. altitudinis* KP-14 тамырсабағын егу жапырақтардың, сабақтардың және тамырлардың биіктігі мен құрғақ салмағы сияқты физиологиялық көрсеткіштерді 28.2%, 49.1%, 85.9% және 76.0% тиісінше жақсартатынын көрсетті; Cu, Sr және Pb фитотұрақтандырғыш әсерін қамтамасыз етеді, олардың сіңуін сәйкесінше 30.6%, 30.3% және 39.7% арттырады.

7. Ластанған *M. × giganteus* биомассасын фиторемедиацияда «қалдықсыз» технологияға қол жеткізу үшін биокөмір өндіру үшін пайдалануға болады. Мискантус сабанынан немесе тамырсабақтарынан алынған биокөмірдің орташа өнімділігі 31.2% құрайды. Биокөмірдің жақсы термохимиялық және физика-

химиялық қасиеттері бар, оны топырақты жақсарту және фиторемедиация процестерінде қолдануға болады: ластанған биомассаны фиторемедиацияны ынталандыру үшін биокөмірге айналдыруға болады.

**Негізгі зерттеулер мен қорытынды.** Осы диссертацияда сипатталған зерттеулер ұлпалар, мүшелер, организмдер және экожүйелер деңгейінде жүргізілді.

**Негізгі ғылыми жұмыстардың жоспарымен байланыс.** Органикалық және бейорганикалық текті ксенобиотиктермен ластанған топырақты қалпына келтіру мүмкіндігі тұрғысынан түрлі энергетикалық өсімдіктерді зерттеу бойынша диссертациялық зерттеулер Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің Ғылым комитеті ұсынған "Алматы облысы тұрғындарының генетикалық мәртебесі мен денсаулығына кәдеге жаратылмаған және пайдалануға тыйым салынған пестицидтердің әсерін кешенді бағалау" BR05236379 бағдарламасымен қолдау тапты, ҚР БҒМ генетика және физиология институтында ішінара орындалды. Ластанған биомассаның биоөнімге айналуын зерттеуге бағытталған зерттеу жұмысының бір бөлігін неміс-чех Cornet "MiscanValue" жобасы қолдады және Чехияның Усти-над-Лабем қаласындағы Ян Евангелист Пуркин Университетінің Қоршаған орта факультетінде өтті.

**Автордың жеке үлесі.** Мұнда сипатталған барлық негізгі нәтижелер автормен орындалады және жиналады. Бұдан басқа, зерттеудің негізгі нәтижелерін, талдауларды, кестелерді, деректер мен суреттерді автор жасаған, ал барлық жаңа байқаулар мен қорытындылар PhD докторанттың жұмысы мен зерттеуінен алынған нәтижелер негізінде жасалған.

**Жұмыстың апробациясы.** Негізгі нәтижелер мен бақылаулар Taylor & Francis баспасында жарияланған Scopus, Web of Science деректер базасына енгізілген беделді халықаралық ғылыми журналдарда, БҒСБК ұсынған журналдарда, сондай-ақ "Phytotechnology with Biomass Production: Sustainable Management of Contaminated Sites" кітабының үш тарауында ұсынылған және расталған. Нәтижелері институттың ғылыми семинарларында талқыланды, халықаралық және республикалық ғылыми конференцияларда баяндалды:

- "Фараби әлемі" студенттер мен жас ғалымдардың халықаралық ғылыми конференциясында (2019, Алматы, Қазақстан);

- "Фараби әлемі" студенттер мен жас ғалымдардың халықаралық ғылыми конференциясында (2020 ж., Алматы, Қазақстан).

**Жарияланымдар және автордың жеке үлестері.** Диссертация мазмұнының көп бөлігі 20 ғылыми жұмыста, оның ішінде Скопус деректер базасына сәйкес импакт-факторлары бар ғылыми мақалада (IF = 5,65; IF = 5,26; IF = 4,07; IF = 3,06 (2); IF = 2,60; IF = 1,697) жарияланды. Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің Білім және ғылым саласындағы бақылау комитеті (ҚР БҒМ БҒСБК) ұсынған ғылыми журналдардағы 5 мақала, халықаралық конференциялар материалдарындағы 3 тезис, Тейлор және Фрэнсис баспасында жарияланған "Phytotechnology with Biomass Production: Sustainable Management of Contaminated Sites" кітабындағы 3 тарау, Printeko баспасынан шыққан "Key Questions on Climate Change and Sustainability. Toward the Make-or-Break Years" кітабындағы 1 тарау, 1 кітапша және 1 кадастр.

**Дипломдық жұмыстың құрылымы.** Диссертация 96 бет жазылған, белгілеулер мен қысқартулар, кіріспе, әдебиетке шолу, материалдар мен әдістер, нәтижелер мен талқылаулар, қорытындылар, 231 дереккөзден алынған сілтемелер, 14 кесте мен 20 сурет бар.