

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті

Қ.Тұрысов атындағы Геология және мұнай ісі институты

Химиялық және биохимиялық инженерия кафедрасы

Жалгасова Балжан Серкебайқызы

Бидай сорттарына тұзды жағдайлардың әсері бойынша скрининг жасау

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5B070100 – «Биотехнология» мамандығы

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті

Қ.Тұрысов атындағы Геология және мұнай ісі институты

Химиялық және биохимиялық инженерия кафедрасы



ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Арпа сорттарының ауыр металдар әсеріне төзімділігі бойынша скринингі»

5B070100 – «Биотехнология» мамандығы

Орындаған: Жалғасова Б.С.

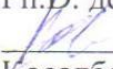
Пікір беруші:

ЖШС «Микробиология және вирусология ғылыми өндірістік орталығы», тағам микробиологиясы зертханасының аға ғылыми қызметкері, Ph.D.


Айтжанова А.А.

Ғылыми жетекші:

Ph.D. докторы


Қосалбаев Б.Д.

«27» 05 2022ж.

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық технологиялық зерттеу университеті
К. Тұрысов атындағы Геология және мұнай-газ ісі институты
Химиялық және биохимиялық инженерия кафедрасы



**Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Жалгасова Б.С.

Тақырыбы: «Арпа сорттарының ауыр металдар әсеріне төзімділігі бойынша скринингі».

Университет Ректорының «24» желтоқсан 2021 жылғы №489П/Ө бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі 2022 жылғы " 12 " мамыр

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: *диплом алдындағы тақырып бойынша әдебиеттерге шолу нәтижелері, теориялық мәліметтер жиыны*

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:


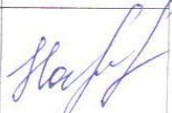
- а) Арпа сорттары өсуіне ауыр металл иондарының әсерін анықтау;
- б) Арпа сорттары биомассасының жиналуына ауыр металдардың әсерін бақылау және айқындау;
- в) Арпа өсімдіктеріндегі липидтердің асқын тотығуына ауыр металдар әсерін сипаттау;
- д) Арпа сорттарына фотосинтетикалық пигменттерінің мөлшеріне ауыр металдардың әсерін бақылау;

Ұсынылатын негізгі әдебиет: 33 атау.

Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Тақырыптар бойынша әдебиетке шолу, мақалалар оқу, аудару	Қаңтар	-
Лабораторияға келу, дипломдық жұмыстың жазылу ретімен танысу, әдістермен танысу, жұмысқа кіріспе	Қараша-Ақпан	-
Тақырыптар бойынша қолданылған әдістерді дипломдық жұмысқа қосу	Наурыз	-
Алынған нәтижелерді талқылау, дипломдық тақырып бойынша студенттер мен жас ғалымдардың халықаралық ғылыми конференциясына тезис дайындау	Наурыз-Сәуір	-

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Норма бақылау	Нармуратова Ж.Б. (ассистент, жаратылыстану ғылымдарының магистрі, Ph.D. кандидат)	30.05.2022	
Ғылыми кеңесшісі	Нармуратова Ж.Б. (ассистент, жаратылыстану ғылымдарының магистрі, Ph.D. кандидат)	30.05.2022	

Ғылыми жетекші:  Ph.D. доктор Қосалбаев Б.Д.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы:  Жалгасова Б.С.

Күні

" 30 " 05 2022 ж

АҢДАТПА

Қазіргі таңда ғалымдардың назары өсімдіктердің ауыр металл әсеріне төзімділік механизміне бағытталып отыр. Себебі ауыр металдардың әсерінен өсімдіктердің өсуі мен дамуы тежелетіні, көптеген құрылымдық және функционалдық өзгерістер фотосинтездік процесінде тыныс алу, транспирация, заттардың тасымалдануы процестері бұзылысқа ұшырайды. Сонымен қатар өсімдік мүшелерінің өсуін тежеп қана қоймай тұтас өсімдік қауымдастығының жойылуына әкеп соғуы мүмкін. Ауыр металдар адам мен жануарлардың ағзасына биологиялық тізбек арқылы еніп, олардың денсаулығына елеулі қауіп төндіреді. Сондықтан бұл тек ғылыми ғана емес, үлкен практикалық қызығушылық тудыруымен қатар, әлемдік деңгейдегі өзекті мәселе.

Түйін сөздер: Ауыр металдың әсері, арпа, стрестік жағдайға төзімділігі.

АННОТАЦИЯ

В настоящее время внимание ученых сосредоточено на механизме устойчивости растений к воздействию тяжелых металлов. Это связано с тем, что тяжелые металлы замедляют рост и развитие растений, многие структурные и функциональные изменения происходят в процессе фотосинтеза, когда нарушаются процессы дыхания, транспирации, транспорта веществ. При этом не только сдерживает рост органов растений, но и приводит к исчезновению всего растительного сообщества. Тяжелые металлы проникают в организм человека и животных с растительной пищей и представляют серьезную угрозу для их здоровья. Поэтому это актуальная проблема мирового уровня, представляющая не только научный, но и большой практический интерес.

Ключевые слова: воздействие тяжелого металла, ячмень, устойчивость к стрессовым ситуациям.

ANNOTATION

Currently, scientists' attention is focused on the mechanism of plant resistance to heavy metals. This is due to the fact that heavy metals slow down the growth and development of plants, many structural and functional changes occur during photosynthesis, when the processes of respiration, transpiration, and transport of substances are disrupted. At the same time, it not only inhibits the growth of plant organs, but also leads to the disappearance of the entire plant community. . Heavy metals enter the human body and animals with plant foods and pose a serious threat to their health. Therefore, this is an urgent world-class problem, which is not only of scientific, but also of great practical interest.

Keywords: heavy metal exposure, barley, resistance to stressful situations.

МАЗМҰНЫ

	КІРІСПЕ	9
	НЕГІЗГІ БӨЛІМ	11
1	ӘДЕБИЕТКЕ ШОЛУ	11
1.1	Ауыр және жеңіл металдар	11
1.2	Ауыр металдардың өсімдікке әсері	13
1.3	Өсімдік мүшелерінде ауыр металдардың жинақталуы	18
1.4	Ауыр металдардың тыныс алу және фотосинтезге әсері	21
1.5	Ауыр металдардың өсімдікке сіңу механизмі	22
2	ЗЕРТТЕУ МАТЕРИАЛДАРЫ МЕН ӘДІСТЕРІ	24
2.1	Зерттеу материалдары	24
2.2	Зерттеу әдісі	24
2.2.1	Арпа сорттарының биометриялық параметрлеріне жалпы қабылданған әдіс бойынша талдау жасау	24
2.2.2	Пигменттердің мөлшерін сандық әдіспен анықтау	24
2.2.3	Липидтердің асқын тотығу деңгейін 2-тиобарбитур қышқылы қатысында анықтау.....	25
3	ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ	26
3.1	Арпа сорттары бойынша ұзындығы мен биомассаларының көрсеткіштері	26
3.2	Арпа сорттарының жер үсті мүшелерінде синтезделген пигменттердің мөлшері	20
3.3	Арпа сорттарының құрамындағы майдың асқын тотығы бойынша алынған көрсеткіштер	32
	ҚОРЫТЫНДЫ	34
	ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ	35

КІРІСПЕ

Тірі организмдер үшін ауыр металдардың уыттылығы олардың бірқатар физикалық және химиялық ерекшеліктеріне байланысты анықталды: электронды конфигурация, электрөткізгіштік, иондану, тотығу потенциалының мөлшері, жеке химиялық топтарға жақындық, сонымен қатар жасуша мембранасы арқылы ену және жасуша бетінде және ішінде күшті қосылыстар қалыптастыру мүмкіндігі. Дәнді дақылдар көптеген өсімдіктер қауымдастықтарында маңызды ценотикалық рөл атқарады. Сонымен қатар, дәнді дақылдардың кейбір түрлері ауыр металдармен ластанған топырақта өсе алатындығы ауыр металдармен ластанудың жоғары деңгейімен фиторемедиация технологиясына қызығушылық тудыруы мүмкін. Осылайша, “Сәуле” тұқымдасына жататын өсімдік түрлерінің ауыр металдарына төзімділік механизмдерін зерттеу теориялық тұрғыдан өзекті ғана емес, сонымен бірге үлкен практикалық маңызы бар.

Жұмыстың мақсаты: Арпа сорттарына ауыр металдардың әсері бойынша скрининг жасау.

Жұмыстың міндеттері:

1. Арпа сорттарының өсу белсенділігіне ауыр металдардың (0,15 %; 0,3% $ZnSO_4$ және 0,15 %; 0,3% $CuCl$) тигізетін әсерін анықтау және өсу параметрлеріне скрининг жүргізу;

2. Арпа сорттары биомассасының жиналуына ауыр металдардың әсерін бақылау және анықтау.

3. Арпа сорттарына фотосинтетикалық пигменттерінің мөлшеріне ауыр металдардың әсерін анықтау.

4. Арпа өсімдіктеріндегі липидтердің асқын тотығуына ауыр металдар әсерін анықтау.

Өзектілігі: Соңғы онжылдықтарда зерттеуші ғалымдарының назары өсімдіктердің ауыр металдарға төзімділігі механизмдерін зерттеуге бағытталған, бұл осы химиялық элементтермен қоршаған орта ластануының едәуір артуынан туындайды, яғни өнеркәсіптің қарқынды дамуы, автокөлік құралдары санының күрт өсуі, топыраққа енгізілетін минералды тыңайтқыштар санының өсуі салдарынан т.б. Ауыр металдар өсімдіктердің өсуі мен дамуы тежелетіні, көптеген құрылымдық және функционалдық өзгерістер фотосинтездік процесінде тыныс алу, транспирация, заттардың тасымалдануы және т.б. процестер бұзылысқа ұшырайды. Осылайша, аумақтың ауыр металдармен ластану көзіне қарамастан, топырақтағы ауыр металдар деңгейінің жоғарылауы әрдайым өсімдіктерде улы иондар концентрациясының жоғарылауына әкеледі. Осының салдарынан жеке өсімдіктердің және тұтас фитоценоздардың өнімділігі төмендейді, кейде тіпті өсімдіктер қауымдастығы толығымен жойылады. Ауыр металдар адам мен жануарлардың денесіне өсімдік тағамымен еніп, олардың денсаулығына елеулі қауіп, металл иондарын өсімдіктермен сіңіруге және оларды жер үсті органдарына тасымалдауға байланысты мәселелер тек ғылыми ғана емес, сонымен бірге үлкен практикалық қызығушылық тудыруымен қатар, әлемдік деңгейдегі өзекті мәселе болып отыр.

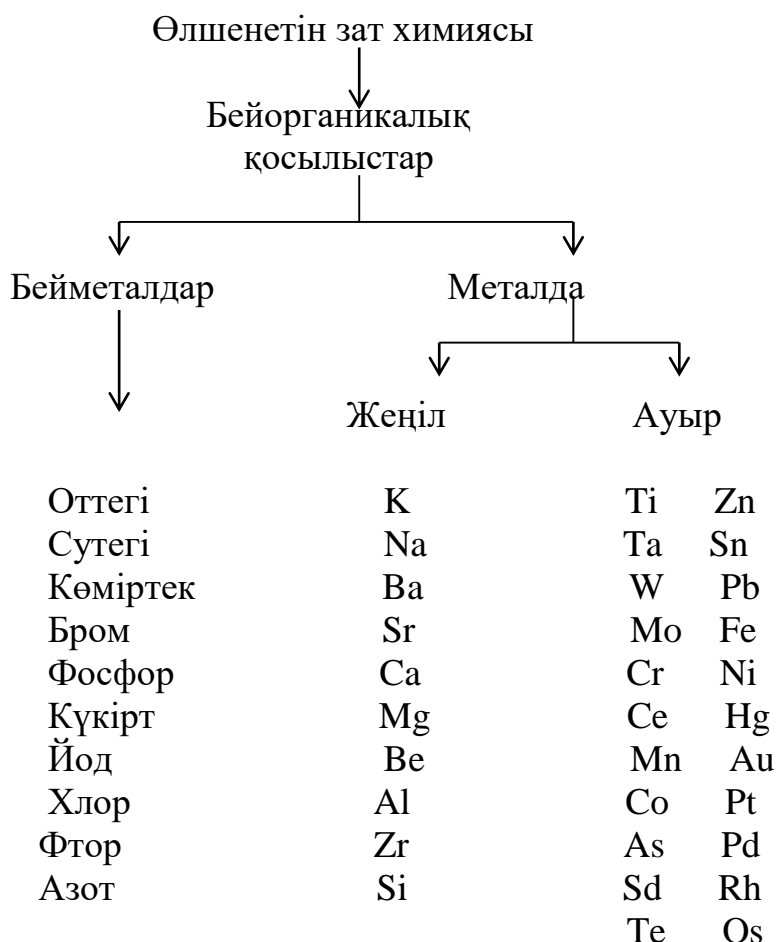
Диплом жұмысының жасалған базасы: Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университетінің, химиялық және биохимиялық инженерия кафедрасының ГМК 148 лаборатория кабинетінде жүргізілді.

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

1 ӘДЕБИЕТКЕ ШОЛУ

1.1 Ауыр және жеңіл металдар

"Ауыр металдар" термині алғаш рет 1817 жылы химик Леопольд Гмелин химиялық элементтерді үш топқа бөлді: металл емес, жеңіл металдар және ауыр металдар [1]. Ауыр металдарға тығыздығы 5,31-ден 22,00 г/см³-ге дейінгі 25 элемент кіргізілді (сурет 1).



Сурет 1. Л.Гмелин 1817 жылы "Handbush der theoretischen Chemie" кітабында ұсынған химиялық элементтерді жіктеу схемасы [1]

Ауыр металдардың арасында өсімдіктердің тіршілігі үшін қажетті элементтер (микроэлементтер), сондай-ақ функционалды рөлі қазіргі уақытта белгісіз элементтер бар екенін атап өткен жөн [2].

Микроэлементтер (Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni және Zn) өсімдік жасушасында өтетін барлық процестерге қатысады: энергия алмасуы, бастапқы және қайталама метаболизм, гормоналды реттеу, сигнал беру және т.б. сонымен қатар, барлық ақуыздардың 25-50% - ы тек металл иондарының қатысуымен жұмыс істейтінін атап өткен жөн [3], олардың ең көп саны (1200-ден астам) мырышпен функционалды түрде байланысты [2]. Сонымен қатар, кейбір микроэлементтер металдары бірқатар ферменттердің молекулаларында коэффициенттер ретінде

болады. Әдетте өсімдіктердегі микроэлементтердің концентрациясы төмен (жасушаның құрғақ массасының 0,001%), бірақ олардың қоршаған ортада мөлшері жоғарылаған сайын олар тірі организмдерге улы болады [4-5]. Керісінше, ауыр металдар, микроэлементтер емес, олардың ішінде қоршаған ортаны маңызды ластағыштар – Cd, Hg және Pb, өсімдіктерге салыстырмалы түрде төмен концентрацияда да теріс әсер етеді (сурет 2).



Сурет 2. Қоршаған ортаға ауыр металдардың түсуінің негізгі көздері [6]

Тірі организмдер үшін ауыр металдардың уыттылығы олардың бірқатар физикалық және химиялық ерекшеліктеріне байланысты анықталды: электронды конфигурация, электрөткізгіштік, иондану, тотығу потенциалының мөлшері, жеке химиялық топтарға жақындық, сонымен қатар жасуша мембранасы арқылы ену және жасуша бетінде және ішінде күшті қосылыстар қалыптастыру мүмкіндігі [18].

Ауыр металдар негізінен көп тараған химиялық элементтерге жатады, сондықтан жер бетінде, атап айтатын болсақ топырақ жамылғысы мен гидросфера, сондай-ақ атмосфера олармен ластануға ұшырайды [7]. Осыған байланысты табиғи немесе антропогендік фактор салдарынан олардың қоршаған ортадағы концентрациясының жоғарылауы жаһандық сипатта болуы мүмкін. Антропогендік кіріс көздеріне байланысты, негізінен, көмір өндіру, металлургия, химия өнеркәсібі

және энергетика кешені кәсіпорындарының жұмысымен байланысты. Қоршаған ортаны ауыр металдармен ластаудың маңызды көздері әртүрлі көлік құралдары, сондай-ақ агротехникалық шаралар, атап айтқанда құрамында тыңайтқыштар мен пестицидтер бар элементтер [8].

Ластану көзіне (табиғи немесе техногендік) байланысты топырақтағы ауыр металдардың бейіндік таралуында айтарлықтай айырмашылықтар байқалады. Бұл элементтердің табиғи жоғары деңгейімен, олардың қарашірік көкжиегінде аз жинақталуы аясында металдар құрамының жоғарылауы байқалады. Техногендік ластану кезінде ауыр металдар, керісінше, жер үсті қабатында шоғырланады. Топырақтағы металдарды табу формалары да әртүрлі: егер табиғи ауытқулар топырағында олар негізінен сульфаттар, сульфидтер және карбонаттар түрінде ұсынылса, онда техногендік ластану кезінде – оксидтер мен бос иондар түрінде болады [9].

Осылайша, аумақтың ауыр металдармен ластану көзіне қарамастан, олардың топырақтағы деңгейінің жоғарылауы әрдайым өсімдіктерде улы иондар концентрациясының жоғарылауына әкеледі. Ауыр металдар адам мен жануарлардың денесіне өсімдік тағамымен еніп, олардың денсаулығына елеулі қауіп, металл иондарын өсімдіктермен сіңіруге және оларды жер үсті органдарына тасымалдауға байланысты мәселелер тек ғылыми ғана емес, сонымен бірге үлкен практикалық қызығушылық тудырады.

1.2 Ауыр металдардың өсімдікке әсері

Өсімдіктердің физиологиялық процестеріне ауыр металдардың әсерін зерттеу өткен ғасырдың 70-жылдарында басталды. Ауыр металдар өсімдіктердің өсуі мен дамуы тежелетіні, көптеген құрылымдық және функционалдық өзгерістер фотосинтездік процесінде тыныс алу, транспирация, заттардың тасымалдануы және т.б. процестер бұзылысқа ұшырайды. Осының салдарынан жеке өсімдіктердің және тұтас фитоценоздардың өнімділігі төмендейді, кейде тіпті өсімдіктер қауымдастығы толығымен жойылады. Биохимия, молекулалық биология және генетикадағы соңғы жетістіктер физиологиялық процестерге ауыр металдардың әсер ету механизмдерін терең талдауға көбірек мүмкіндік берді. Дегенмен, олардың өсімдік ағзасына әсер етуінің кейбір аспектілері осы уақытқа дейін жеткілікті түрде зерттелмегенін мойындау керек [10].

Қазіргі уақытта ауыр металдардың өсімдіктердегі негізгі физиологиялық процестерге әсері салыстырмалы түрде жақсы зерттелген [10]. Ауыр металдардың қатысуымен өсімдіктердің өсуі, дамуы тежеліп қана қоймай, фотосинтетикалық аппаратта көптеген құрылымдық және функционалды өзгерістер, тыныс алу, транспирация, заттардың тасымалдануы және т. б. бұзылады, нәтижесінде жеке өсімдіктер мен өсімдік қауымдастықтары және бүкіл фитоценоздардың өнімділігі төмендейді, кейде тіпті толығымен жойылады [11].

Осу. Осудің тежелуі өсімдіктерге қатысты ауыр металдардың уыттылығының маңызды көріністерінің бірі болып табылады [12]. Көптеген зертханалық, вегетациялық және далалық тәжірибелерде әртүрлі түрлер (сорттар, генотиптер) ауыр металдардың әсерінен өсімдіктерде тамырының сызықтық мөлшері азаяды,

биомассаның жинақталуы азаяды. Осы бағыттағы зерттеулердің ең көп саны кадмий өсімдіктеріне әсер етуге арналған, ең улы ауыр металдардың бірі ретінде металдар аз зерттелген-микроэлементтер (мыс, никель, мырыш), сондай-ақ қорғасын. Басқа ауыр металдардың өсімдіктердің өсуіне әсері жеткілікті дәрежеде зерттелмейді.

1. Басқа физиологиялық процестер сияқты ауыр металдардың өсуіне ингибиторлық әсердің дәрежесі мен сипаты олардың уыттылығына, концентрациясына байланысты қоршаған ортада және әсер ету ұзақтығында, сондай-ақ биологиялық ерекшеліктерден өсімдіктердің түрлері (сорттары, генотипі) және жас жағдайы [13].

2. Ауыр металдардың әсерінен өсімдіктердің өсуін тежеу олардың бөліну процесіне де, жасуша созылуына да тікелей әсер етуімен байланысты [14]. Негізгі теріс әсерлердің арасында бөлу процесінде-жасуша бөлінуінің қарқындылығының төмендеуі, митоздың барлық фазаларындағы жасушалар санының азаюы, жеке фазалардың және бүкіл митоздық циклдің ұзақтығының артуы [15]. Сонымен қатар, тамырлардың меристематикалық жасушаларында ауыр металдардың жоғары концентрациясы цитогенетикалық бұзылуларға әкеледі, мысалы, хромосомалардың спирализациясы, олардың жасуша полюстеріне тең келмеуі немесе айырмашылықтың толық болмауы, тетраплоидты жасушалардың пайда болуы. Ауыр металдардың қатысуымен ДНҚ тізбектерінің бұзылысы, хромосомалық аберрациялар, ген экспрессиясын реттеудің бұзылуы.

Жасушалық бөлірудің анықталған бұзылыстарының негізінде, ең алдымен, металл иондарының сульфгидрильді топтарымен және митоздың өтуіне жауап беретін ферменттермен байланысты [15]. Кейбір ауыр металдар (кадмий, никель) ядроға да зиян келтіреді, РНҚ синтезін бұзады және рибонуклеаза белсенділігін тежейді. Ауыр металдардың жасушалардың созылуына әсер ету механизмі, ең алдымен, жасуша қабырғаларының серпімділігінің төмендеуімен байланысты, оның себептері металл иондарының оның құрамына кіретін ақуыздардың SH-топтарымен, микротұтқырлардың құрылымының бұзылуымен және жасушалардың су режимінің бұзылуымен сипатталады [15]. Сонымен қатар, созылу арқылы өсімдіктердің өсуі ауыр металдардың әсерінен өсудің тежелуі оттегінің белсенді түрлерінің көбеюіне және липидтердің асқын тотығу қарқындылығының жоғарылауына байланысты мембраналардың өткізгіштігінің бұзылуымен байланысты болуы мүмкін [16].

3. Ауыр металдардың қатысуымен өсімдіктерді өсіру кезінде олардың уытты әсері көбінесе тамырдың өсуіне байланысты [17]. Тамырларда ауыр металдардың жиналуы тамыр жүйесінің мөлшері мен биомассасының азаюымен, бүйір тамырлар санының азаюымен, тамыр түктерінің тежелуімен көрінеді [18].

Қашу механизмі өсімдік өсуінің тежелуі, әдетте, тамырларда ауыр металдардың жоғары концентрациясында байқалады. Нәтижесінде қашу биіктігі төмендейді жапырақ көлемінің мөлшері жер үсті органдарының биомассасын азайтады, ал дәнді дақылдарда интернодтардың ұзындығы да азаяды. Гүлшоғырлар мөлшері, сондай-ақ жемістер мен тұқымдардың массасы металдардың қатысуымен

аз дәрежеде азаяды, өйткені олардың осы органдардағы құрамы әдетте минималды, ал генеративті органдарға теріс әсер негізінен жанама болып табылады [19].

Сонымен қатар, ауыр металдардың жапырақтың өсуіне әсерін атап өту керек, себебі, жерүсті мүшесі фотосинтездің негізгі, мамандандырылған органы. Зерттелген барлық металдардың қоршаған ортадағы концентрациясының жоғарылауы жапырақ көлемі аймағының едәуір төмендеуіне әкеледі, бұл фотосинтезбен транспирация қарқындылығының төмендеуіне себептерінің бірі болып табылады [11]. Ауыр металдардың жоғары концентрациясы болған кезде жапырақ мөлшерінің айтарлықтай төмендеуі байқалған.

4. Ауыр металдардың әсеріне төзімді өсу процесі тұқымның өнуі болып табылады [20], бұл улы иондардың тұқым қабығына ене алмауымен байланысты. Тұқымның ісінуінің соңғы кезеңінде, тұқым жамылғысы зақымданған кезде, олар эмбрион жасушаларына еніп, жасушалардың бөлінуі мен созылуының тежелуіне байланысты өнгіштіктік мөлшерін төмендетуі мүмкін [21].

5. Өсімдіктің өсуі гормоналды тепе-теңдіктің өзгеруіне байланысты ауыр металдардың жанама әсерінен де баяулауы мүмкін [22], фотосинтездің бұзылуы, су режимі, минералды қоректену, тыныс алу.

Дамуы. Ауыр металдардың өсімдіктердің дамуына әсері олардың өсуіне әсер етуінен әлдеқайда аз зерттелген. Келтірілген мәселелерге байланысты ғылыми зерттеулердің нәтижелері негізінде келесі қорытындыны жасауға болады.

1. Қоршаған ортадағы ауыр металдардың жоғары концентрациясы өсімдіктердің дамуын және басқа фенологиялық фазалардың басталуын кешіктіреді, бұл көбінесе вегетациялық кезеңнің ұзақтығына әкеледі, ал кейбір жағдайларда өсімдіктер өте қолайлы климаттық жағдайларға қарамастан генеративті дамуға мүлдем ауыспайды [11].

2. Ауыр металдардың қатысуымен өсімдіктерде кезекті фенофазалардың басталуының кешіктірілуі онтогенездің ерте кезеңдерінде айқын көрінеді, ал мұндай дамудың кейінгі кезеңдерінде айырмашылықтар білінеді немесе толығымен жоғалады [22].

3. Ауыр металдар (атап айтқанда, кадмий және қорғасын) дәнді дақылдардағы апикальды меристеманың (өсу конусының) өсуі мен саралануын тежейді, бұл органогенез қарқынының төмендеуіне әкеледі. Сонымен қатар, металдардың жоғары концентрациясы органогенездің I кезеңінде өсімдіктердің дамуын толығымен тоқтата алады [23]. Ауыр металдардың әсерінен органогенез қарқынының төмендеуі сабақтың апикальды меристемасының жасушалық бөліну жылдамдығының баяулауы нәтижесінде өсу конусының келесі кезеңге өтуі үшін қажетті жасушалар саны әдеттегі өсу жағдайларына қарағанда кеш жиналады.

4. Ауыр металдардың қатысуымен өсімдіктердің дамуының баяулауы апикальды меристемалардағы жасуша алмасуының өзгеруіне (бұзылуына), сондай-ақ минералды тамақтанудың бұзылуына байланысты болуы мүмкін [24].

Тыныс алу - өсімдіктердің тіршілік әрекеті үшін, оның ішінде қоршаған ортаның қолайсыз жағдайларына бейімделу процесі үшін негізгі энергия көзі. Сонымен қатар, тыныс алу жасушаішілік метаболизмнің орталық буыны болып

саналады. Алайда, осыған қарамастан, ауыр металдардың тыныс алу процесіне әсері басқа физиологиялық процестермен салыстырғанда әлі де нашар зерттелген.

Қазіргі уақытта төмендегідей зерттеулер белгілі.

1. Тыныс алу - ауыр металдарға төзімді өсімдіктердің физиологиялық процесінің бірі. Концентрацияның кең ауқымында ауыр металдар тыныс алудың белгілі бір ақауларын тудырмайды және тек олардың жоғары концентрациясы осы процестің жылдамдығының төмендеуіне әкеледі.

2. Ауыр металдардың тыныс алуға әсері, біріншіден, ферменттер белсенділігінің өзгеруімен байланысты. Өсімдіктерге әсер ету кезінде жиі байқалатын бұл процестің жылдамдығын арттыру ауыр металдардың салыстырмалы түрде төмен концентрациясы бірқатар гликолиз ферменттерінің, пентозофосфат жолының және Кребс циклінің белсенділенуіне, ал тыныс алудың баяулауы олардың белсенділігінің төмендеуіне әкелді. Басқа жағдайларда сияқты, төмен белсенділік өсімдіктерге ауыр металдардың әсер етуіндегі ферменттер олардың құрылымындағы өзгерістермен түсіндіріледі, бұл металл иондарының ақуыз молекулаларының сульфгидрильді топтарымен әрекеттесуіне, сондай-ақ осы ақуыздардың синтезінің баяулауына байланысты. Ауыр металдардың жоғары концентрациясы болған кезде өсімдіктердің тыныс алу жылдамдығының баяулауы тотығудың бөлінуіне байланысты болуы мүмкін фосфорлану [11].

3. Ауыр металдардың қатысуымен тыныс алу процесінің тежелуіне митохондрия мембраналарының құрылымындағы белгілі бір өзгерістер, төмендеуі де әкелуі мүмкін олардың өткізгіштігі, сондай-ақ митохондрияның ішкі мембранасында электронды көліктің баяулауы [24].

4. Ауыр металдардың әсерінен өсімдіктерде тыныс алу жолдарының қатынасы өзгеруі мүмкін. Сонымен, мырыштың жоғары концентрациясы дәнді дақылдарда (бидай, жүгері) гликолиз үлесінің төмендеуіне және пентозофосфат жолының үлесінің артуына әкеледі. Сонымен қатар, энергетикалық тұрғыдан тиімді цитохромоксидаза жолына байланысты жалпы тыныс алу шығындарының үлесі артады [25]. Кейде өсімдіктерде кадмийдің қатысуымен балама цианидрезистентті тыныс алу жолының қарқындылығы артады.

Су алмасу. Өсімдіктер өмірінде және олардың өнімділігін қалыптастыруда су алмасуы маңызды рөл атқарады. Жасушалар мен тіндерде белгілі бір су балансын сақтау өсімдіктердің қалыпты өсуі мен дамуының ғана емес, сонымен қатар олардың қоршаған орта факторларына тұрақтылығы [26]. Өсу мен фотосинтезбен салыстырғанда ауыр металдардың өсімдіктердің су алмасуына әсері біршама аз зерттелген, дегенмен оның металдардың әсерінен бұзылуы олардың фитотоксикалылығының негізгі себептерінің бірі болып табылады [24].

1. Ауыр металдар өсімдіктердің жасушалары мен тіндеріндегі судың салыстырмалы мөлшерінің төмендеуіне әкеледі, бұл ксилема тамырлары мен флоэма түтіктерінің саны мен диаметрінің төмендеуіне байланысты, мембраналардың өткізгіштігінің өзгеруімен және тамыр мен бағаналы жасушалардан K^+ иондарының шығуының жоғарылауымен сипатталады. Сонымен қатар, бұл жағдайда байқалған тамыр жүйесінің мөлшері мен тамыр түктері санының азаюы тамырдың сору бетінің төмендеуіне және нәтижесінде өсімдіктегі

судың азаюына әкеледі. Ауыр металдардың өте жоғары концентрациясында осы себептен судың қатты шектелуі мүмкін, сондықтан өсімдіктердің өлімі байқалады.

2. Ауыр металдардың әсерінен өсімдіктердің су әлеуеті, оның ішінде осмотикалық потенциал төмендейді, бұл өсімдіктердің бейімделу стратегиясының маңызды элементтерінің бірі ретінде қарастырылады. Су потенциалының және оның компонентінің төмендеуінің мүмкін себептерінің бірі – осмотикалық потенциал – бұл жағдайда кальций иондарының ішінара алмастырылуына байланысты тамырлардың жасушалық қабырғаларының икемділігінің өзгеруі. Осмотикалық потенциалдың төмендеуінің тағы бір себебі-жасуша көлемінің едәуір төмендеуі олардың суды жоғалтуымен көрінеді [25].

Осылайша, ауыр металдар өсімдіктерде әртүрлі деңгейде болатын көптеген өзгерістерді тудырады: организм, тін, жасуша, субжасушалы және молекулалық. Олардың әрекеті үшін көптеген "нысанаға" ие бола отырып, ауыр металдар көптеген аспектілерге теріс әсер етуі мүмкін өсімдіктердің тіршілік әрекеті. Әдебиеттерді талдау және өз зерттеулерінің нәтижелері ауыр металдармен физиологиялық процестердің тежелу дәрежесі көбінесе қоршаған ортадағы металдың концентрациясымен анықталады, сонымен қатар оның уыттылығына, әсер ету ұзақтығына және түрдің (сорттың, генотиптің) сезімталдығына байланысты болады. Ауыр металдардың төмен концентрациясында өсімдіктерде байқалған өзгерістер негізгі физиологиялық процестерді және олардың үйлесімділігін бұзбайды, кейде тіпті олардың бір бөлігін белсендіруге әкеледі. Өсімдіктерде бар бейімделу механизмдері көптеген жағдайларда фотосинтез, тыныс алу, су алмасуы сияқты процестердің тіршілік әрекетін қолдау үшін жеткілікті деңгейде және соның арқасында қамтамасыз етуге мүмкіндік беретіні анық бұл сәтті өсіп, дамиды [26].

Өнімділік. Қолайсыз экологиялық жағдайларда байқалатын өсімдік тіршілігінің бұзылуы, ең алдымен, өсудің тежелуінде және сонымен қатар биомассаның жиналуын азайтады. Сонымен бірге биомассаның жинақталуы әрекет етеді өсімдіктердегі барлық функционалдық және метаболикалық өзгерістердің нәтижесін көрсететін интегралды процесс ретінде, сондықтан бұл көрсеткіш өсімдіктердің физиологиялық күйін бағалауда әмбебап көрсеткіш ретінде пайдаланылуы мүмкін. Зерттеулер көрсеткендей, ауыр металдардың өсімдіктерге теріс әсері биологиялық өнімділіктің айтарлықтай төмендеуінен де көрінеді. Алайда биомассаның жинақталуында олардың қатысуы өзгерсе жер үсті және жер асты органдары айтарлықтай көп еңбектерде көрсетілген, содан кейін тұқым шаруашылығы туралы деректер өте аз.

Осылайша, бірқатар зерттеулерде субстратта ауыр металдар концентрациясының жоғарылауымен өсімдіктер айтарлықтай төмендейтіні (бақылаумен салыстырғанда) көрсетілген тамыр және өркен биомассасы. Мысалы, тамыр ортасындағы кадмий мөлшерінің 25 мкм-ге дейін артуы арпадағы жасыл массаның шығымдылығын төмендетті, ал 50 мкм дейін – бидайда, жүгеріде және күріште 160,5 мкм концентрацияда мыс болған жағдайда бұршақ өсімдіктерінде тамыр және өркен биомассасының жинақталуы бақылауға қатысты сәйкесінше 70 және 38%-ға төмендеуі мүмкін. Субстратта қорғасын концентрациясының

жоғарылауымен 2000 мг/кг жер асты және жер үсті өсімдік мүшелерінің құрғақ биомассасы сәйкесінше 43% және 50% төмендейді. Топырақтың 800 мг/кг концентрациясында шараптың әсерінен күріштің әртүрлі сорттарында құрғақ қашу биомассасы төмендеуі мүмкін. Ауыр металдар болған кезде өсімдіктердегі жер үсті биомассасының өнімділігінің төмендеуі олардың физиологиялық процестерге кері әсерімен байланысты [21].

Ауыр металдардың тұқымдардың немесе жемістердің өнімділігіне әсеріне келетін болсақ, бірнеше зерттеулерде субстратта кадмий, қорғасын және мырыштың жоғары концентрациясы болған кезде тұқым өнімділігі төмендейтіні анықталды, мысалы, бидай және бұршақ өсімдіктері. Сондай-ақ, топырақта ауыр металдардың жоғары концентрациясы жер үсті биомассасының жиналуын және мәдени өсімдіктердің тұқымының өнімділігін төмендетіп қана қоймай, сонымен қатар дақылдың сапасын нашарлатып, мөлшерін азайтатынына назар аудару қажет маңызды қоректік заттар, алмастырылмайтын амин қышқылдары, витаминдер. Сонымен қатар, өсімдіктерге түсіп, тамаққа пайдаланып, мүшелерде көп мөлшерде жиналып, адам денсаулығына қауіп төндіреді [26].

1.3 Өсімдік мүшелерінде ауыр металдардың жинақталуы

Ауыр металдарды жинақтау қабілетіне қарай өсімдіктерді үш топқа бөліп қарастыруға болады:

- 1) негізінен металдарды жинақтайтын жер үсті мүшелері;
- 2) металдың концентрациясы оның қоршаған ортадағы құрамын көрсететін көрсеткіштер;
- 3) қоршаған ортадағы жоғары концентрациясына және тамырларда жинақталуына қарамастан, өркендерге металдар беру шектелген алып тастаушылар.

Өсімдік түрлеріне байланысты олардың құрамындағы ауыр металдардың мөлшері бірнеше рет (100-ге дейін немесе одан да көп) өзгеруі мүмкін екені белгілі. Өсімдіктердің әртүрлі түрлері, сондай-ақ бір түрдің сорттары (линиялары) топырақта бірдей концентрацияда да ауыр металдарды жинақтау қабілетімен ерекшеленеді. Мысалы, өсу кезінде кадмиймен ластанған топырақтағы көкөніс дақылдары, жапырақтардағы металл концентрациясы салат, шпинат, балдыркөк және қырыққабат қызанақ, жүгері, бұршақ және бұршақ жапырақтарына қарағанда жоғары болған. Ауыр металдардың жинақталуына өсімдіктердің жасы да әсер етеді [5].

Өсімдіктерде ауыр металдардың жинақталуы жыл мезгіліне және ауа райы жағдайына да байланысты болуы мүмкін. Мысалы, бук өсімдіктерінде ксилемадағы кадмий концентрациясы 33 шырын сәуірде және күзде күрт өскен, ал жаз айларында салыстырмалы түрде төмен деңгейде қалатындығы айтылған. Осыған ұқсас нәтижелер шөптесін өсімдіктерге қатысты: жайылым өсімдіктерінің фитомасасында кадмий мен қорғасынның ең аз мөлшері жаз айларында байқалып, ерте көктемде және күздің аяғында көбейген. Бұл өсімдік биомассасының өсу қарқыны (жазда максимумға жетеді) мен ауыр металдардың топырақтан азды-көпті біркелкі түсуі арасындағы сәйкессіздікке байланысты деп есептеледі [6].

Ауыр металдардың өсімдік мүшелерінде таралуы. Жинақтаудан айырмашылығы, көп жағдайда ауыр металдардың органдарда таралу сипаты эдафикалық және маусымдық факторларға тәуелді емес және негізінен металдардың қасиеттерімен және өсімдіктердің түрлік ерекшеліктерімен анықталады. Металдардың мүшелерде типтік таралуы өсімдіктерде келесідей болады (кему реті бойынша): тамыр > сабақ > жапырақтар > жемістер немесе тұқымдар. Сонымен қатар, әртүрлі өсімдік түрлері, сондай-ақ сорттар (генотиптер), ол пайыздық түрде аздап өзгеруі мүмкін, бұл металл иондарының сіңіру ерекшеліктерімен байланысты тамырлар және олардың тамырдан өркенге дейін қозғалысы. Тамырлардың ауыр металдардың көп бөлігін ұстап қалу қабілеті олардың өсімдіктердің ауа мүшелеріне түсуін азайтады, бұл олардың қалыпты өсуін қамтамасыз ететін маңызды бейімделу механизмі болып табылады.

Сонымен қатар, көптеген тәжірибелер сыртқы ортада ауыр металдар концентрациясының жоғарылауымен бірге олардың тамырлардағы мөлшерінің жоғарылауымен металдардың мөлшері жер үсті мүшелерінде – сабақтар мен жапырақтарда, тіпті гүлшоғырлар мен тұқымдарда да артады. Бұл тамыр жасушалары мен ұлпаларының деңгейінде жұмыс істейтін қорғаныш механизмдері мен тосқауылдары ауыр металдардың өсімдік өсімділеріне түсуін толығымен болдырмайтынын көрсетеді. Дегенмен, орта есеппен жер үсті мүшелерінде тамырларға қарағанда 10-15 есе көп болады [7].

Репродуктивті органдар мен тұқымдардағы ауыр металдардың мөлшері, әдетте, әртүрлі қорғаныс механизмдерінің жұмысына байланысты төмен, тамырдың, өркеннің немесе жапырақтардың жасушаларында металл иондарын байланыстырады. Мұның көбею қабілетін және тұқым өнімділігін сақтаумен байланысты үлкен биологиялық маңызы бар. Алайда кейбір металдар, атап айтқанда, жоғары қозғалғыштығы бар кадмий генеративті мүшелерге өтуге қабілетті. Мәдени дәнді дақылдар мысалында көрсетілген кадмий гүлшоғырына тамырдан ксилема арқылы да, ассимиляция ағынымен жапырақтардан флоэма арқылы да түсе алады [8].

Сонымен бірге ол астықта салыстырмалы түрде көп мөлшерде жиналып, адам мен жануарлардың денсаулығына үлкен қауіп төндіреді. Дәнді дақылдардағы ауыр металдардың мөлшерін арттыру мәселесі ластанған топырақта өсірілгенде, ол соңғы уақытта маңызды бола бастады. Дәнді дақылдардағы ауыр металдардың жоғары болуы олардың тамырдан сабаққа тасымалдану белсенділігінің жоғарылауымен көбірек байланысты деп есептеледі. және тамырлардың сіңіру қарқындылығымен емес, жер үсті органдардағы концентрациясы. Осыған байланысты зерттеу металдардың тамырдан қозғалу механизмдері дәнді дақылдардың ауа органдарында өте маңызды, өйткені ол металдармен ластанған топырақта (немесе мұндай ластану қауіпі бар топырақта) өсіру үшін пайдаланылатын дақылдарды дұрыс таңдауға және экологиялық таза өнімдерді алуға ықпал ете алады. дәнге кадмийдің түсуін азайтуға қабілетті жаңа сорттарды жасау ретінде [9].

Ауыр металдардың ұлпаларда таралуы. Тамыр ұлпаларында ауыр металдардың таралуын зерттегенде олардың көпшілігі тамыр және қыртыста

локализацияланғаны анықталды. Шектеу тобына жататын өсімдіктердің бастапқы тамыр қабығы кадмий мен қорғасын иондары үшін негізгі жинақтаушы ұлпа болып табылады. Эндодерма және орталық цилиндр жасушаларының құрылымдық ерекшеліктері металдардың ксилема тамырларына, демек, барлық ауыр металдар үшін болмаса да, өсімдіктің ауа мүшелеріне түсуін шектейді. Атап айтқанда, эндодерма иондардың радиалды қозғалысын шектемейтіні белгілі мырыш, ал никель иондары үшін эндодерма тіндік аккумулятор рөлін атқарады. Бірақ ортадағы металл концентрациясының жоғарылауымен оның эндодермадағы мөлшері де артады. Мысалы, рентгенографиялық және гистохимиялық әдістердің көмегімен өсімдіктерде кадмий мен қорғасынның көп мөлшерде тамырдың эндодермисінде жиналуы және оның орталық цилиндрге жартылай енуі көрсетілді [9].

Металдардың тамыр меристемасына енуі салыстырмалы түрде нашар зерттелген. Апикальды меристемада ^{65}Zn және ^{106}Cd болуы радиографиялық және спектрометриялық талдау арқылы анықталған. И.В.Серегиннің айтуы бойынша бөліну және созылу аймақтарында ауыр металдардың қозғалысы үшін физиологиялық тосқауылдар жоқ, сондықтан апикальды аймақтың ұлпаларында иондары жинақталады, бұл осы химиялық элементтердің өсуін тежеу әсерінің себептерінің бірі болып табылады [10].

Өсімдіктердің жапырақтары мен сабақтарының ұлпаларында ауыр металдардың таралуы туралы мәліметтер салыстырмалы түрде аз. Жасушаларда мырыш пен кадмийдің айтарлықтай жинақталуы анықталды арпа мен жүгері жапырақтарының эпидермисінде, сондай-ақ *Silene vulgaris (Moench) Garcke* сезімтал экотиптерінде. Кадмий, никель және мырыштың артықшылықтары жинақталуы қабық тінінде жүгері жапырағында табылған. Сонымен қатар *S. vulgaris* өсімдіктерінің жапырағының мезофилді жасушаларында эпидермис жасушаларымен салыстырғанда кадмий мөлшері өте аз болса, онда арпа жапырағының мезофилі мен эпидермисінің 36 жасушасында мырыш пен кадмий мөлшері бірдей дерлік болды. Брун және т.б., арпа жапырағы ұлпаларында мырыштың жиналуын зерттей келе, төмен концентрацияда қоректік ерітіндідегі металл (0,002 мМ/л), мырыштың 80%-дан астамы (жапырақтағы жалпы мөлшерінен) мезофилл жасушаларының протопласында болды. Қоректік ерітіндідегі мырыштың жоғары концентрациясы (0,4 мМ/л) жасушалардағы мырыш мөлшері эпидермис оның мазмұнына қарамастан 19 есе өсті мезофилл жасушаларында тек 2,5 есе өсті. Ұлпалардағы кадмий мөлшері де осылай өзгерді. ерітіндідегі концентрациясының жоғарылауымен арпа жапырағы. Жапырақ ұлпаларында металдардың осылай таралуы хлоропласттарды, демек, фотосинтез процесін олардың токсикалық әсерінен қорғау тәсілі ретінде қарастырылады. Ауыр металдардың аз мөлшері бірінші жапырақтың өткізгіш ұлпаларында табылды: арпада мырыш, жүгеріде кадмий мен қорғасын [11].

Ауыр металдардың жасушада таралуы өте біркелкі емес. Келетін металлдың едәуір бөлігі жасуша мембранасында сақталады. Ауыр металдардың жасуша қабырғасымен байланысуы тамыр және жапырақ жасушалары үшін де анықталды. Мысалы, салат жапырақтарының жасушалық қабырғасында локализацияланған

кадмийдің үлесі оның жасушадағы жалпы мөлшерінің 64%-ын, ал арпа жапырағының жасушалық қабырғасында берік байланысқан мырыштың үлесі одан да жоғары, 77%-ды құрайды. Ауыр металдарды жасуша қабырғасымен иммобилизациялау олардың токсикалық әсерлерінен қорғаудың маңызды механизмдерінің бірі болып саналады. Жоғары металл концентрациясында тамыр мекендеген ортада оның иондары жасуша қабырғасы және плазмалемма арқылы жасушалардың цитоплазмасына енеді. Бұл жағдайда артық металл иондары цитозолдан вакуольге шығарылады. Тамыр және өсімді жасушаларында металл иондарының вакуольді оқшаулануының көптеген дәлелдері бар. Мысалы, арпа жапырағы жасушаларының вакуольінде мырыш пен кадмийдің едәуір мөлшері табылған. Әсіресе кадмийдің жоғары концентрациясы жинақталады көлемі 150 мкм-ге дейін аморфты кристалдар түрінде трихомалардың вакуольдерінде (эпидермис түктері) кездеседі [12].

Осылайша, өсімдіктер қажет болған жағдайда ауыр металл иондарын сіңіріп, жинақтай алады олардың тіршілік әрекеті үшін, ал металдар үшін функционалды рөлі әлі анықталмаған. Бүкіл зауыт деңгейінде ауыр металдардың концентрация градиенті төмендейді тамырдан гүлшоғырларға дейін, бұл олардың ұрпақты болу мүшелеріне (гүлшоғырлар, жемістер, тұқымдар) түсуін шектейді. Жасуша қабырғасында және вакуольде байланысқан белсенді емес күйде болады, нәтижесінде олардың жасуша цитоплазмасына токсикалық әсері төмендейді [11].

1.4 Ауыр металдардың тыныс алу және фотосинтезге әсері

Фотосинтез ауыр металдардың әсеріне өте жоғары сезімталдықпен сипатталатыны белгілі. Төменде өсімдіктердің фотосинтетикалық процестеріне металдардың уытты әсерінің негізгі "мақсаттары" көрсетілген.

1. Ауыр металдардың қатысуымен жапырақтың анатомиялық құрылымында белгілі бір өзгерістер байқалады: мезофилл жасушаларының мөлшері мен жасуша қабырғасының қалыңдығы азаяды, хлоропласттардың саны мен мөлшері, сондай-ақ стоматаның жабылатын жасушаларының мөлшері азаяды [13].

2. Ауыр металдар хлоропласттардың құрылымдық ұйымында әртүрлі бұзылулар тудырады: гран және тиракоидтар санының азаюы, мембраналардың ұзындығының төмендеуі, мембраналардың құрылымы мен олардың химиялық құрамының өзгеруі (атап айтқанда, қанықпаған май қышқылдарының азаюы), пластоглобулалардың көбеюі [14].

3. Өсімдіктердің жапырақтарындағы ауыр металдардың әсерінен фотосинтетикалық пигменттердің мөлшері азаяды. Сонымен қатар, бұл каротиноидтарға қарағанда хлорофиллдерге көбірек қатысты. Ауыр металдар болған кезде А және В хлорофиллдер санының төмендеуінің негізгі себептері: хлорофилл биосинтезін басу, олардың процесінің жоғарылауы хлоропласттардың ультра құрылымының бұзылуы [13].

4. Ауыр металдар фотосинтездің Жарық реакцияларына және фотосистемалардың құрылымдық тұтастығына теріс әсер етеді. Фотосистема II (ФС II) металл иондарына өте сезімтал. Ауыр металдардың қатысуымен оның

жұмысының тиімділігі төмендейді, бұл хлорофилл флуоресценциясының бірқатар параметрлерінің өзгеруімен тіркеледі [10].

5. Ауыр металдардың фотосинтездің қараңғы реакцияларына теріс әсері негізінен Кальвин циклінің ферменттерінің белсенділігін, атап айтқанда ассимиляцияның негізгі ферментін тежеумен байланысты CO_2 -рибулозобисфосфат карбоксилазы / оксигеназа. Фермент белсенділігінің төмендеуінің негізгі себептері металл иондарының SH топтарымен әрекеттесуі нәтижесінде ақуыздардың төрттік құрылымының бұзылуы және *povo de* ферменттерінің синтезін тежеу болып табылады. Бірқатар ферменттерді кодтайтын гендердің экспрессия деңгейінің төмендеуі де анықталды. Ауыр металдардың қатысуымен фотосинтездің қараңғы фазасының реакция жылдамдығының баяулауының жанама себептері стоматалар санының азаюына байланысты CO_2 жасушаларына түсудің төмендеуін қамтиды немесе олардың жабылуы [14,15].

1.5 Ауыр металдардың өсімдікке сіңу механизмі

Ауыр металдардың өсімдіктерге әсерін зерттеуде олардың сіңірілу және қозғалу процестерін зерттеу маңызды орын алады. Өсімдіктер қоршаған ортадан барлық дерлік химиялық элементтерді көп немесе аз мөлшерде сіңіре алады. Алайда, минералды қоректену тұрғысынан ауыр металдарды екі топқа бөлуге болады: 1) өсімдіктердің метаболизмі үшін аз мөлшерде қажет (Fe^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} , Mo^{2+}), олар улы болады, егер олардың мазмұны белгілі бір деңгейден асып кетсе; 2) өсімдік метаболизміне қатыспайды (Pb^{2+} , Cd^{2+} , Hg^{2+}), олар өте төмен концентрацияларда да улы болып табылады [16].

Жердегі өсімдіктер ауыр металдарды екі көзден – топырақ пен ауадан сіңіре алады. Бұл жұмыстың аясында біз тек осы элементтердің тамыр арқылы өтетін ағынына тоқталамыз. Ауыр металдарды тамыр арқылы сіңіру механизмдеріне иондардың жасушаға қосымша энергияны пайдаланбай пассивті (зат алмасусыз) тасымалдануы жатады иондарды электрохимиялық потенциал градиентіне қарсы жылжыту үшін қолданылатын энергияның жұмсалыуымен байланысты белсенді (метаболикалық) сіңіру процесі. Ауыр металдардың жасушаға пассивті тасымалдануы үш типті катионды селективті емес арналар арқылы жүзеге асады: 1) мембраналық деполяризация арқылы белсендірілген кальций арналары, 2) мембрананың гиперполяризациясымен белсендірілген кальций арналары және 3) электр потенциалының өзгеруіне сезімтал емес катиондық арналар [17].

Ауыр металдардың өсімдіктерге түсуінің пассивті және белсенді механизмдерінің арақатынасы көп жағдайда олардың топырақтағы концентрациясына байланысты. Металлдың мөлшері аз мөлшерде болған кезде (фондық деңгейде) негізгі үлесті белсенді метаболикалық сіңіру қосатыны атап өтілді. Сыртқы ортада металдардың жоғары концентрациясы болған жағдайда сіңіру негізінен метаболизмдік емес сипатта болады және олардың тамырдың бос кеңістігіне диффузиясының нәтижесі болып табылады [18].

Ауыр металдардың өсімдіктерге тамыр жолы арқылы түсуін олардың ризосферадағы концентрациясын төмендететін механизмдер арқылы реттеуге болады. Атап айтқанда, тамыр жасушалары топырақтағы металдарды

байланыстыратын шырыш бөледі, осылайша олардың өсімдікке енуін шектейді. Сонымен қатар, өсімдіктер ризосфераға ауыр металл иондарын байланыстыратын және оларды тамыр бетінде тұндыратын бірқатар қосылыстарды шығарады. Бұл қосылыстар органикалық қышқылдар, аминқышқылдары, фенолдар, пептидтер, ферменттер (атап айтқанда, редуктазалар). Нәтижесінде бос улы иондардың енуіне өзіндік тосқауыл жасалады өсімдік тамыр жасушаларына түседі. Роасае тұқымдасының өсімдіктері ризосфераға органикалық қышқылдардан басқа фитосидерофорларды – метиониннен синтезделетін және шырышты қышқылдар тұқымдасына жататын органикалық заттарды бөледі. Фитосидерофорлардың негізгі қызметі – Fe^{3+} хелациясы, оның жақсы сіңуі үшін қажет. Сонымен бірге бұл қышқылдардың биосинтезіне қатысатын белоктардың гендерінің экспрессия деңгейінің өсімдіктерде темір жетіспеуінен жоғарылайтыны анықталды. Темірден басқа фитосидерофорлар маңызды рөл атқарады және мырыштың сіңуінде, арпа мен күріште кездеседі. Оның үстіне күріште олар осы металдың бүкіл зауытқа таралуына да қатысады. туралы мәліметтер де бар өсімдіктердің кадмийді қабылдауының жоғарылауы. Сонымен, құмай, бидай, жүгері өсімдіктерінің ризосфераға фитосидерофорларды шығаруы металл мөлшерінің артуына әкелді олардың тамыр жасушаларында. Сонымен бірге дәнді дақылдардың тамырымен фитосидерофорлардың бөлінуі өсімдіктің иондары ризосферада байланысуына байланысты өсімдіктер үшін өмірлік маңызы жоқ кейбір металдарды сіңіруден сақтайды деген болжам бар [24, 25, 26].

2 ЗЕРТТЕУ МАТЕРИАЛДАРЫ МЕН ӘДІСТЕРІ

2.1 Зерттеу материалдары: Зерттеу жұмысына зерттеу объектілері ретінде арпаның «Сәуле» және «Арпа» сорттары алынды.

2.2 Зерттеу әдістері

2.2.1 Арпа сорттарының биометриялық параметрлеріне жалпы қабылданған әдіс бойынша талдау жасау

Ең алдымен арпаның екі түрлі сорттарын сұрыптап алып, оны KMnO_4 әлсіз ерітіндісімен 15 минут өңдедік. Дистельденген сумен бірнеше рет шайып, тазартып, келесі нұсқалар бойынша Петри табақшасына отырғызылды.

1. Бақылау – дистельденген су.
2. 0,3 мМ CuCl және 0,15мМ CuCl
3. 0,3мМ ZnSO_4 және 0,15мМ ZnSO_4

Осы ерітінділерде 7 күн аралығында өсіп шыққан арпа өсімдігінің жерүсті және жерасты мүшелерінің өсуі мен биомасса жинақталуын анықталды. Арпа өсімдігі сорттары сабағының және тамырының ұзындықтарын және биомассасын анықтау үшін сабағы мен тамырының ылғал және құрғақ күйдегі салмақтары өлшенді.

2.2.2 Пигменттердің мөлшерін сандық әдіспен анықтау

Хлорофилл мен каротиноидтар жапырақтағы фотосинтездік аппараттың негізгі компоненттері болып табылады. Жапырақтағы пигменттердің мөлшері организмнің тіршілік әрекетіне және генетикалық табиғатына тәуелді болады. Сондықтан, оны өсімдіктің жас ерекшелігіне, онтогонездік және генетикалық ерекшеліктерді сипаттайтын физиологиялық көрсеткіш ретінде қарастыруға болады. Пигменттердің мөлшері өсімдіктің өніп-өскен жеріне де байланысты болады.

Спирт сүзіндісін алу. Арпа өсімдігінің жапырақтарынан 0,1 г аламыз. Содан кейін оның үстіне 5 мл спирт құя отырып фарфор келісінде еземіз, яғни экстракциялаймыз. Алынған сүзіндіні фильтр қағазы арқылы воронкадан 25 мл колбаларға сүземіз де, оны 10 мл-ге жіткіземіз. Алынған экстракттың құрамындағы пигменттердің концентрациясын спектрофотометрмен анықтаймыз. Бұл пигменттердің мөлшерін сандық әдіспен анықтауға мүмкіндік береді. Пигменттердің концентрациясын спектрофотометрде анықтау фотоэлектроколориметрдегідей оптикалық тығыздығы бойынша анықталынады. Спектрофотометрде экстрактты оптикалық тығыздығы хлорофиллдің сіңіретін қызыл спектрдегі a мен b толқын ұзындықтарына және каротиноидтар сіңіретін максимум толқын ұзындықтарына сәйкес өлшенеді. Үш түрлі толқын ұзындығында өлшедік (663 нм, 644 нм, 452,5 нм).

Пигменттердің концентрациясын төмендегі формулалар бойынша есептелінеді: Жоғарыда көрсетілген формулалар 90% спирт ерітіндісінде.

$$\begin{aligned}
C_{\text{хл.}a} &= 13,7 D_{665} - 5,76 D_{649} & (1) \\
C_{\text{хл.}b} &= 25,8 D_{649} - 7,60 D_{665} \\
C_{\text{хл.}a + \text{хл.}b} &= 6,1 D_{665} - 20,04 D_{649} \\
C_{\text{кар}} &= 4,695 D_{440,5} - 0,268 C_{\text{хл.}a + \text{хл.}b}
\end{aligned}$$

Мұндағы, $C_{\text{хл.}a}$, $C_{\text{хл.}b}$, $C_{\text{хл.}a + \text{хл.}b}$, $C_{\text{кар}}$ – сәйкесінше хлорофилл a , b , мен олардың жалпы мөлшері және каротиноид концентрациялары, мг/л; D - толқын ұзындықтарға сәйкес тәжірибиелік оптикалық тығыздықтар.

2.2.3 Липидтердің асқын тотығу деңгейін 2-тиобарбитур қышқылы қатысында анықтау

Липидтердің асқын тотығын анықтау 2-тиобарбитур қышқылы реакциясы нәтижесінде түзілетін малон диальдегидінің санын анықтау әдісіне негізделген. Малон диальдегидінің мөлшері шикі (сырой) массаның мкмоль/г тең.

Арпа өсімдігінің сабақ бөлігінен 1 г алып, салқындатылған 4 мл Трис-НСІ буферімен (рН-7,6) еземіз де капрон фильтр арқылы фильтрлейміз. Фильтратты 20 минут 8000 айн/мин центрифугалайды. Центрифугаттан 2 мл гомогенат құйып алып, 0,5 мл дистильденген су және 2,5 мл 0,5% 2-тиобарбитур қышқылын 20% ТХУ араластырып құямыз. Үлгіні 30 минут су моншасында инкубациялайды және салқындатады. Содан соң 20 минут 7000 айн/мин центрифугалайды. Центрифугатты таза пробиркаларға құйып алып, 532 нм толқын ұзындығында спектрофотометрде өлшейді.

Малон диальдегиді мөлшерін келесі формула бойынша есептелінеді:

$$C = \text{ОП} \cdot V \cdot \gamma / \varepsilon \quad (2)$$

Мұндағы, ОП – оптикалық тығыздық

V – кювета сыйымдылығы

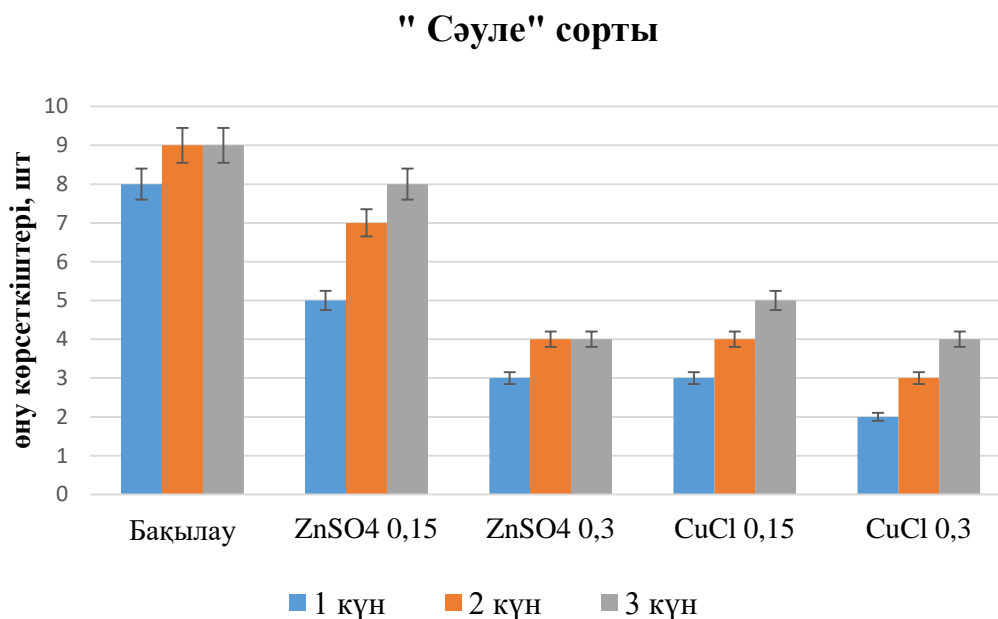
γ – сұйылту

ε – экстинкция коэффициенті 0,155 мкМ/см² [7].

3 ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ

3.1 Арпа сорттары бойынша ұзындығы мен биомассаларының көрсеткіштері

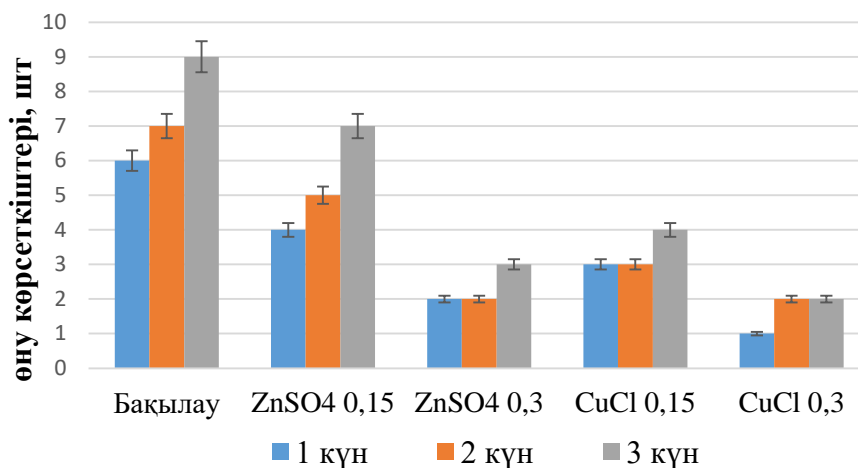
Зерттеу барысында ауыр металдардың 3-күндік әсеріне арпа сорттарының өну көрсеткіштері төмен екендігі байқалды. Зерттеу нәтижелерінде өну көрсеткіштері бойынша бақылауда, яғни дистильденген суда егілген арпа сорттары ауыр металл әсеріне төзімділігі жоғары болды, ал арпа сорттарының түрі бойынша Сәуле сортының өну көрсеткіштері 3- суретте көрсетілген.



Сурет 3 – Сәуле сортының 3 күн аралығындағы өну көрсеткіштері

Үшінші суретте көрсетілгендей, Сәуле сортының 3 күн аралығындағы өну көрсеткіштері бақылаумен салыстырғанда $ZnSO_4$ төменгі концентрациялы (0,15%) ерітіндісінде 11%-ға төмендеген, ал 0,3% концентрациялы ерітіндісінде 55%-ға төмендеген. Ал $CuCl$ 0,15% концентрациялы ерітіндісінде 44%-ға төменденген, ал жоғарғы концентрациялы ерітіндісінде (0,3%) 55,5%-ға төмендеген. Арпа сортының да өну көрсеткіштері қарастырылды (сурет 4).

"Арна" сорты

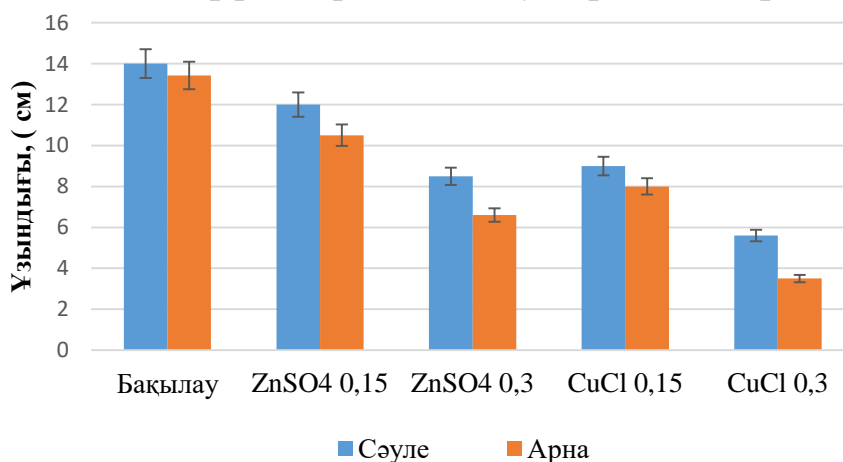


Сурет 4 – Арна сортының 3 аралығындағы өну көрсеткіштері

Төртінші суретте көрсетілгендей, Арна сортының 3 күн аралығындағы өну көрсеткіштері бақылаумен салыстырғанда ZnSO₄ 0,15% концентрациялы ерітіндісінде 22%-ға төмендеген, ал 0,3% концентрациялы ерітіндісінде 66%-ға төмендеген. Ал CuCl төменгі (0,15%) концентрациялы ерітіндісінде 55%-ға төмендеген, ал жоғарғы концентрациялы ерітіндісінде (0,3%) 77%-ға төмендеген.

Зерттеу барысында ауыр металдардың әсерінде өсірілген арпа сорттарының 7-күндік өскіннің жер үсті мүшелері мен тамырының биомассасы және өсуі деңгейі зерттелді (сурет 5).

Жерүсті мүшесінің өсу көрсеткіштері



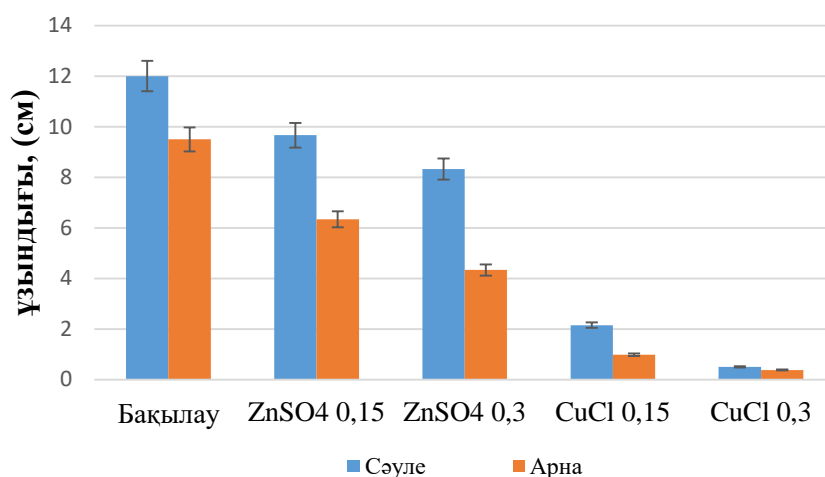
Сурет 5 - Арпа сорттарының 7 күндік өскіннің жерүсті мүшесінің өсу көрсеткіштері

Жер үсті мүшелері өсу деңгейінің ұзындығы бойынша ZnSO₄(0,15 %, 0,3%) әр түрлі концентрациясына арпаның Сәуле сорты төзімді, арпаның Арна сорты

0,3% концентрациясына сезімтал, ал 0,15% концентрациясына төзімді болып табылды. Осы концентрацияда (0,15%) жер үсті мүшелерінің өсуі бақылаумен салыстырғанда арпаның Сәуле сорты 40%-ға, ал бидайдың Арна сорты 55%-ға тежелгені анықталды. Ал 0,3% концентрациясында жер үсті мүшелерінің өсуі бақылаумен салыстырғанда арпаның Сәуле сорты 65%-ға, ал арпаның Арна сорты 77,5%-ға тежелген. Ал *CuCl* төменгі (0,15%) концентрациялы ерітіндісінде арпаның Сәуле 54,5%-ға төмендеген, ал жоғарғы концентрациялы ерітіндісінде (0,3%) 70%-ға төмендегені байқалды. Арна сорты 0,15% концентрациялы ерітіндісінде 40%-ға төмендеген, ал 0,3% концентрациялы ерітіндісінде 65,3%-ға төмендеген.

Арпаның аталған Арна сорты екінші сортына қарағанда тамырының өсуінің тежелгендігі байқалды (сурет 6).

Жерасты мүшесінің өсу көрсеткіштері

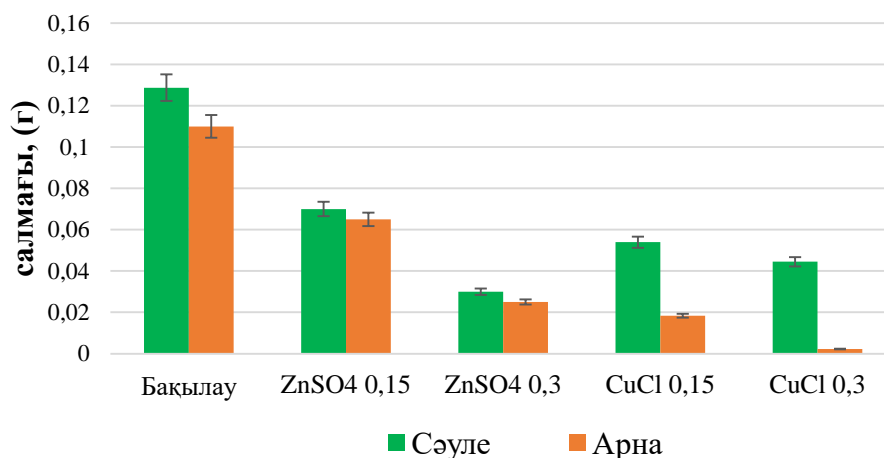


Сурет 6 - арпа сорттарының 7 күндік өскінінің жерасты мүшесінің өсу көрсеткіштері

Тұздану жағдайында жерүсті мүшелерінде биомасса жинақталуы тамырмен салыстырғанда аз деңгейде тежелген. Арпа сорттарының жер үсті мүшелерінің биомасса көрсеткіштері 7-суретте бейнеленген.

Жетінші суреттегі зерттеу нәтижелерінде көрсетілгендей, *ZnSO₄* 0,15% концентрациясы әсерінде жер үсті мүшесінің құрғақ биомассасы сезімтал Арна сортында 49%-ға төмендеген, ал Сәуле сортында 33%-ға төмендегені байқалды. *ZnSO₄* 0,3% концентрациясында жер үсті мүшесінің құрғақ биомассасы Сәуле сортында бақылау деңгейінен 81%-ға төмендеген. Концентрацияның жоғарылауынан жер үсті мүшесінің құрғақ биомассасы Арна сортында 87,5%-ға төмендеген.

Жерүсті мүшесінің құрғақ биомассасы

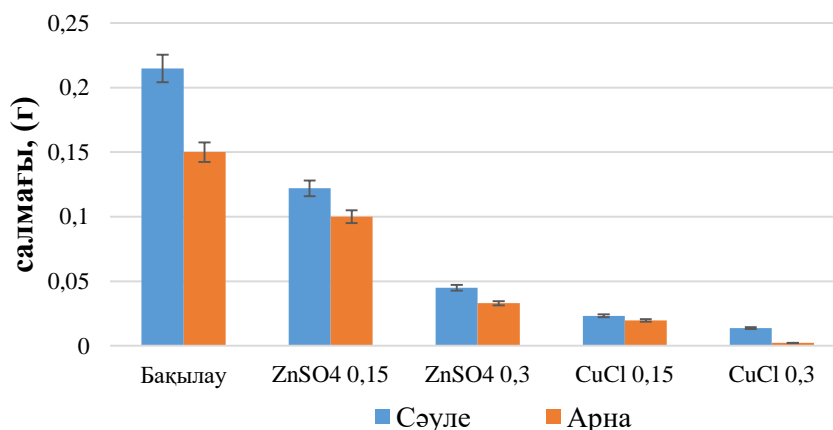


Сурет 7 - Арпа сорттары өскінінің жер үсті мүшесінің құрғақ биомассасы

Ал *CuCl* төменгі (0,15%) концентрациялы ерітіндісінде арпаның Сәуле 54,5%-ға төмендеген, ал жоғарғы концентрациялы ерітіндісінде (0,3%) 75%-ға төмендегені байқалды. Арна сорты 0,15% концентрациялы ерітіндісінде 65%-ға төмендеген, ал 0,3% концентрациялы ерітіндісінде 89%-ға төмендеген.

Арпа сорттарының жерасты мүшелерінің биомасса көрсеткіштері де қарастырылды (сурет 8).

Жерасты мүшесінің өсу көрсеткіштері



Сурет 8 – Арпа сорттары өскінінің жер асты мүшесінің құрғақ биомассасы

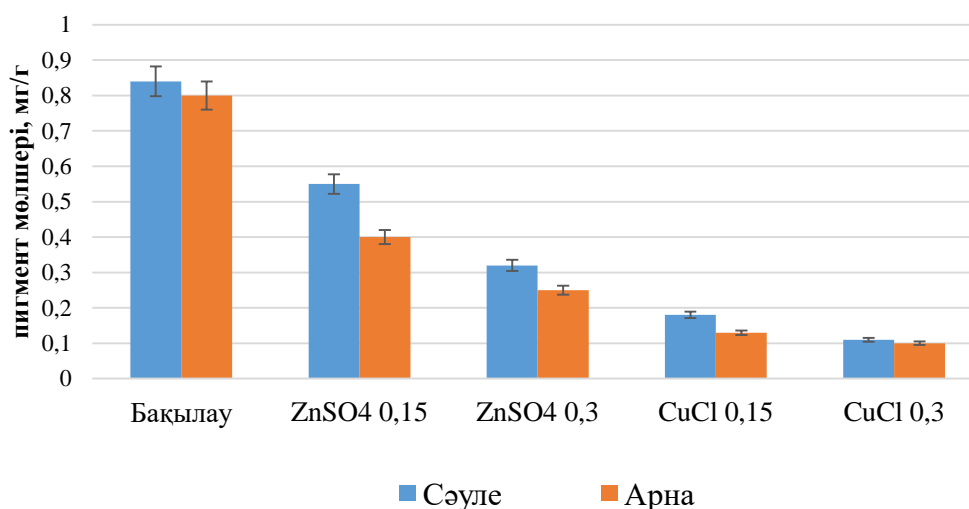
Сегізінші суретте көрсетілгендей, 0,15% *ZnSO₄* концентрациясы әсерінде жер асты мүшесінің құрғақ биомассасы сезімтал Арна сортында 50%-ға төмендеген, ал Сәуле сортында 43%-ға төмендегені байқалды. 0,3% *ZnSO₄* концентрациясында жер асты мүшесінің құрғақ биомассасы Сәуле сортында бақылау деңгейінен 83%-ға төмендеген. Концентрацияның жоғарылауынан жер үсті мүшесінің құрғақ биомассасы Арна сортында 85,5%-ға төмендеген. Ал *CuCl* төменгі (0,15%) концентрациялы ерітіндісінде арпаның Сәуле 52,5%-ға

төмендеген, ал жоғарғы концентрациялы ерітіндісінде (0,3%) 76%-ға төмендегені байқалды. Арна сорты 0,15% концентрациялы ерітіндісінде 85%-ға төмендеген, ал 0,3% концентрациялы ерітіндісінде 91%-ға төмендеген. Яғни, ауыр металдардың қатысуымен өсімдіктерді өсіру кезінде ауыр металдардың уытты әсері көбінесе тамырдың өсуіне әсер етеді. Тамырда ауыр металдардың жиналуы тамыр жүйесінің мөлшері мен биомассасының азаюымен, бүйір тамырлар санының азаюымен, тамыр түктерінің тежелуімен көрінеді. Қашу механизмі өсімдік өсуінің тежелуі, әдетте, тамырларда ауыр металдардың жоғарғы концентрациясында байқалады. Нәтижесінде қашу биіктігі төмендейді де жапырақ көлемінің мөлшері жер үсті мүшелерінің биомассасын азайтады.

3.2 Арпа сорттарының құрамындағы пигменттерді сандық анықтау

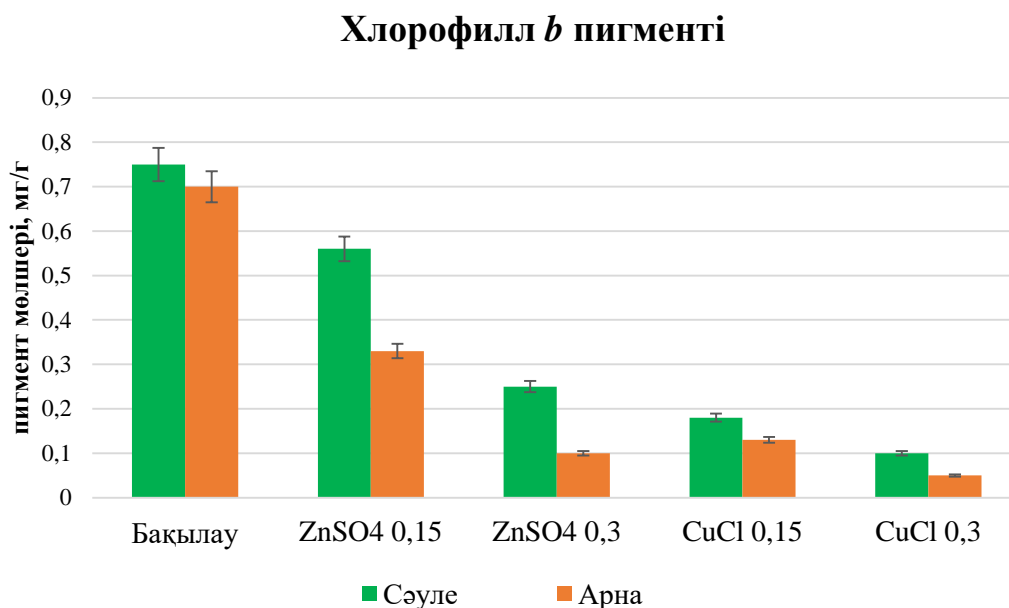
Зерттеу нәтижелері бойынша, Сәуле сортында хлорофилл *a* пигменттерінің мөлшері 0,15% $ZnSO_4$ концентрациясы әсерінде 49%-ға төмендеген, ал Арна сортында 55%-ға төмендегені байқалды. 0,3% $ZnSO_4$ концентрациясында хлорофилл *a* пигменттерінің мөлшері Сәуле сортында бақылау деңгейінен 81%-ға төмендеген. Концентрацияның жоғарылауынан хлорофилл *a* пигменттерінің мөлшері Арна сортында 56%-ға төмендеген. Ал $CuCl$ төменгі (0,15%) концентрациялы ерітіндісінде арпаның Сәуле сортында 43%-ға төмендеген, ал жоғарғы концентрациялы ерітіндісінде (0,3%) 64%-ға төмендегені байқалды. Арна сортында 0,15% концентрациялы ерітіндісінде 63%-ға төмендеген, ал 0,3% концентрациялы ерітіндісінде 82,5%-ға төмендеген (сурет 9).

Хлорофилл *a* пигменті



Сурет 9 - Арпа сорттарының жерүсті мүшелеріндегі *a* хлорофилл пигментіне ауыр металдардың әсері

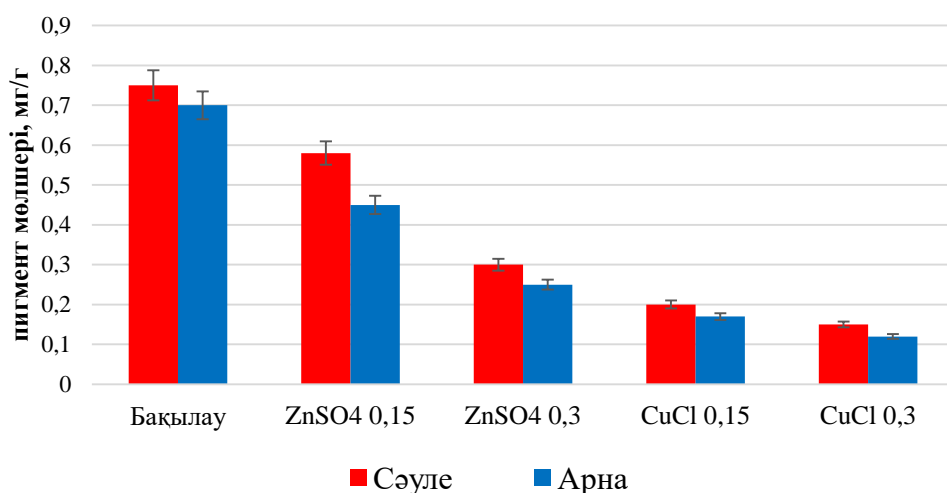
Пигменттерді анықтауда келесі хлорофилл *b* пигментінің де мөлшерінің сандық мәні анықталынды (сурет 10).



Сурет 8 - Арпа сорттарының жерүсті мүшеслеріндегі *b* хлорофилл пигментіне ауыр металлдардың әсері

Оныншы суретте көрсетілгендей Сәуле сортында хлорофилл *b* пигменттерінің мөлшері 0,15% $ZnSO_4$ концентрациясы әсерінде 45%-ға төмендеген, ал Арна сортында 54%-ға төмендегені байқалды. 0,3% $ZnSO_4$ концентрациясында хлорофилл *b* пигменттерінің мөлшері Сәуле сортында бақылау деңгейінен 81%-ға төмендеген. Концентрацияның жоғарылауынан хлорофилл *b* пигменттерінің мөлшері Арна сортында 58%-ға төмендеген. Ал $CuCl$ төменгі (0,15%) концентрациялы ерітіндісінде арпаның Сәуле сортында 43%-ға төменденген, ал жоғарғы концентрациялы ерітіндісінде (0,3%) 62%-ға төмендегені байқалды. Арна сортында 0,15% концентрациялы ерітіндісінде 65%-ға төмендеген, ал 0,3% концентрациялы ерітіндісінде 82,5%-ға төмендеген. Өсімдіктердегі маңызды пигменттердің бірі каротиноид пигментінің де сандық көрсеткіші анықталды (сурет 11).

Каротиноид пигменті

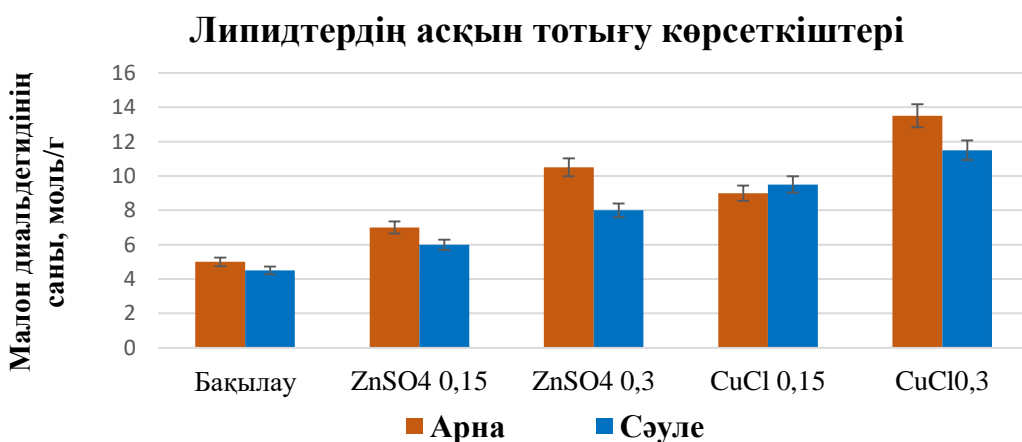


Сурет 11 - Арпа сорттарының жерүсті мүшелеріндегі каротиноид пигментіне ауыр металлдардың әсері

Зерттеуге алынған арпа сорттарының төзімділік деңгейімен фотосинтездік пигменттер мөлшерінде өзара байланыстылықтар байқалды. Төзімді сорттарда фотосинтездік пигменттерінің мөлшері біраз төмендеген.

3.3 Арпа сорттарының құрамындағы майдың асқын тотығы бойынша алынған көрсеткіштер

Зерттеу бойынша арпа сорттарының құрамындағы майдың асқын тотығы арпа сорттарының стрестік жағдайға төзімділігін анықтау үшін жүргізілді. Зерттелген сорттар арасында стрестік жағдайда өсірілген Сәуле сорттарының липидтердің асқын тотығу деңгейі төмен деңгейде, Арпа сорттарында липидтердің асқын тотығу деңгейі жоғары деңгейде болатындығы байқалды (сурет 12).



Сурет 12 - Арпа сорттарының құрамындағы майдың асқын тотығы бойынша алынған көрсеткіштер

Он екінші суретте көрсетілгендей Сәуле сортында липидтің асқын тотығы 0,15% $ZnSO_4$ концентрациясы әсерінде 23%-ға жоғарылаған, ал Арна сортында 54%-ға жоғарылағаны байқалды. 0,3% $ZnSO_4$ концентрациясында майдың асқын тотығы Сәуле сортында бақылау деңгейінен 55%-ға жоғарылаған. Концентрацияның жоғарылауынан май асқын тотығы Арна сортында 82%-ға жоғарылаған. Ал $CuCl$ төменгі (0,15%) концентрациялы ерітіндісінде арпаның Сәуле сортында 43%-ға жоғарылаған, ал жоғарғы концентрациялы ерітіндісінде (0,3%) 62%-ға жоғарылағаны байқалды. Арна сортында 0,15% концентрациялы ерітіндісінде 44%-ға жоғарылаған, ал 0,3% концентрациялы ерітіндісінде 82,5%-ға жоғарылаған.

ҚОРЫТЫНДЫ

1. Ауыр металдардың әсерінен арпа сорттарының өну, өсу қарқындылығы мен биомасса жинақталуы төмендегені анықталды. Нәтижесінде Сәуле сортының өсу көрсеткіштері төмен деңгейде, ал Арна сорттарында жоғары деңгейде тежелгендігі айқындалды.

2. Арпа сорттарының металдардың әсерінен фотосинтетикалық пигменттер мөлшері төмендейтіндігі байқалды.

3. Сәуле, Арна арпа сорттарының стрестік жағдайға төзімділігін анықтау үшін липидтердің асқын тотығу деңгейі анықталды. Зерттелген сорттар арасында стрестік жағдайда өсірілген Сәуле сорттарының липидтердің асқын тотығу деңгейі аз деңгейде, Арна сорттарында липидтердің асқын тотығу деңгейі жоғары деңгейде байқалды.

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Nabashi F. Gmelin and his Handbuch // Bull. Hist. Chem. 2009. V. 34, N 1. P. 30–31
2. Husted S., Persson D. P., Laursen K. H. et al. Review: The role of atomic spectrometry in plant science // J. Anal. At. Spectrom. 2011. V. 26. P. 52–79.
3. Williams L., Salt D. E. The plant ionome coning into focus // Curr. Opin. Plant Boil. 2009. V. 12, N 3. P. 247–249.
4. Sytar O., Kumar A., Latowski D. et al. Heavy metal-induced oxidative damage, defence reactions, and detoxification mechanisms in plants // Acta Physiol. Plant. 2013. V. 35. P. 985–999.
5. Башкин В. Н., Касимов Н. С. Биогеохимия М.: Научный мир, 2004. 648 с.
6. Титов А. Ф., Таланова В. В., Казнина Н. М., Лайдинен Г. Ф. Устойчивость растений к тяжелым металлам. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. 170 с.
7. Добровольский В. В. Глобальная система массопотоков тяжелых металлов в биосфере // Рассеянные элементы в бореальных лесах. М.: Наука, 2004. С. 23–30.
8. Никифорова Е. М. Биогеохимическая оценка загрязнения тяжелыми металлами агроландшафтов Восточного Подмосковья // Геохимическая экология и биогеохимическое изучение таксонов биосферы. М.: Наука, 2003. С. 108–109.
9. Ильин В. Б. Тяжелые металлы и неметаллы в системе почва – растение. Новосибирск: СО РАН, 2012. 220 с.
10. Казнина Н. М., Титов А. Ф. Влияние кадмия на физиологические процессы и продуктивность растений семейства Poaceae // Успехи соврем. биологии. 2013. Т. 133, № 6. С. 588–603.
11. Khudsar T., Mahmooduzzafar, Iqbal M. Cadmium-induced changes in leaf epidermis, photosynthetic rate and pigment concentrations in *Cajanus cajan* // Biol. Plant. 2001. V. 44, N 1. P. 59–64.
12. Иванов В. Б., Быстрова Е. И., Серегин И. В. Сравнение влияния тяжелых металлов на рост корня в связи с проблемой специфичности и избирательности их действия // Физиология растений. 2003. Т. 50, № 3. С. 445–454.
13. Лайдинен Г. Ф., Казнина Н. М., Батова Ю. В., Титов А. Ф. Способность к накоплению кадмия у *Bromopsis inermis* и *Setaria viridis* (Poaceae) // Раст. ресурсы. 2011. Вып. 3. С. 64–72.
14. Rauser W. E. Structure and function of metal chelators produced by plants: the case for organic acids, amino acids, phytin, and metallothioneins // Cell Biochem. Biophys. 1999. V. 31. P. 19–48.
15. Серегин И. В., Кожевникова А. Д. Физиологическая роль никеля и его токсическое действие на высшие растения // Физиология растений. 2006. Т. 53, № 2. С. 285–308.
16. Tamas L., Vočová V., Huttová J. et al. Cadmium-induced inhibition of apoplasmic ascorbate oxidase in barley roots // J. Plant Growth Regul. 2006. V. 48. P. 41–49.

17. Liu H., Zhang J., Christie P., Zhang F. Influence of iron plaque on uptake and accumulation of Cd by rice (*Oryza sativa* L.) seedlings grown in soil // *Sci. Total Environ.* 2008. V. 394. P. 361–368.
18. Башмаков Д. И., Лукаткин А. С. Эколого-физиологические аспекты аккумуляции и распределения тяжелых металлов у высших растений. Саранск: Мордов. ун-т, 2009. 236 с.
19. Батова Ю. В., Лайдинен Г. Ф., Казнина Н. М., Титов А. Ф. Влияние загрязнения кадмием на рост и семенную продуктивность однолетних злаков // *Агрехимия.* 2012. № 6. С. 79–83.
20. Shah K., Dubey R. S. Cadmium elevates level of protein, amino acids and alters activity of proteolytic enzymes in germinating rice seeds // *Acta Physiol. Plant.* 1998. V. 20, N 2. P. 189–196.
21. Серегин И. В., Кожевникова А. Д. Физиологическая роль никеля и его токсическое действие на высшие растения // *Физиология растений.* 2006. Т. 53, № 2. С. 285–308.
22. Vassilev A., Verova M., Zlatev Z. Influence of Cd²⁺ on growth, chlorophyll content, and water relations in young barley plants // *Biol. Plant.* 1998a. V. 41, N 4. P. 601–606.
23. Титов А. Ф., Лайдинен Г. Ф., Казнина Н. М. Влияние ионов свинца на рост и морфофизиологические показатели растений ячменя и овса // *Физиология и биохимия культ. растений.* 2001. Т. 33, № 5. С. 387–3
24. Казнина Н. М., Лайдинен Г. Ф., Титов А. Ф. Влияние кадмия на апикальные меристемы стебля растений ячменя // *Онтогенез.* 2006. Т. 37, № 6. С. 444–448.
25. Рахманкулова З. Ф., Федяев В. В., Абдулина О. А., Усманов И. Ю. Формирование адаптационных механизмов у пшеницы и кукурузы к повышенному содержанию цинка // *Вестник Башкирского ун-та.* 2008. Т. 13, № 1. С. 43–46.
26. Barceló J., Poschenrieder C. Plant water relations as affected by heavy metal stress: A review // *J. Plant Nutr.* 1990. V. 13. P. 1–37

Satbayev University,
Химиялық және биохимиялық инженерия
кафедрасының 4-курс студенті Жалгасова Балжанға

**Ғылыми кеңесшінің «Арпа сорттарының ауыр металдар әсеріне
төзімділігі бойынша скринингі» тақырыбына**

ПІКІРІ

Қазіргі таңда өсімдіктердің ауыр металлдарға төзімділік әсері өзекті мәселелердің бірі болып отыр. Себебі ауыр металлдардың әсерінен өсімдіктердің өсуі мен дамуы тежелетіні, құрылымдық және функционалдық өзгерістер фотосинтездік процессте тыныс алу, транспирация заттардың тасымалдану процестеріне кері әсерін тигізеді. Ауыр металлдар адам мен жануарлардың денесіне өсімдік тағамымен еніп, олардың денсаулығына елеулі қауіп төндіреді. Жалгасова Балжан өзінің жұмысында жоғарыда аталған мәселелерге толығырақ тоқталып, зерттеу жұмысын жүргізген.

Жалгасова Балжан 2021-2022 оқу жылының басынан Қ.И.Сатпаев атындағы Қазақ Ұлттық Зерттеу университеті «Биотехнология» оқу зертханасында жетекшілігімен диплом жұмысы бойынша практикадан өтті. Сонымен қатар Satbayev University-нің химиялық және биохимиялық инженерия кафедрасының Ph.D. докторы Қосалбаев Б.Д. жетекшілігімен өзара белсенді жұмыс жасады. Балжан өз жұмысында арпа сорттарының биометриялық параметрлеріне талдау жасап, пигменттердің мөлшерін сандық әдіспен және липидтердің асқын тотығу деңгейін анықтау сияқты әдістерді толық меңгерді. Жұмыс нәтижесінде екі сорттың липидтік асқын тотығу деңгейлері әртүрлі, дәлірек айтқанда, «Сәуле» сортының деңгейі «Арпа» сортына қарағанда төзімділігі жоғары болатындығын анықтады.

Жалгасова Балжан өз жұмысының нәтижелерін сурет және диаграмма түрінде толық көрсетті. Алынған екі сорттың өсу көрсеткіштерін тиянақты түрде қарастырып, қорытынды жасады. Балжанның зерттеу жұмысының нәтижесін қарастыра отырып, өте жақсы деген пікір білдіремін.

Ғылыми кеңесшісі:

**Satbayev University-нің Химиялық
және биохимиялық инженерия
кафедрасының ассистенті,
жаратылыстану ғылымдарының
магистрі, Ph.D. кандидаты**



Нармуратова Ж.Б.

**Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университетінің,
химиялық және биохимиялық
инженерия кафедрасының 4 курс студенті
Жалгасова Балжан Серкебайқызының
«Арпа сорттарының ауыр металдар әсеріне төзімділігі бойынша
скринингі» тақырыбына**

РЕЦЕНЗИЯ

Жалгасова Балжан «Арпа сорттарының ауыр металдар әсеріне төзімділігі бойынша скринингі» тақырыбы қазіргі таңда ауылшаруашылығының ең өзекті мәселелерінің бірі болып табылады. Топырақтың ауыр металдармен ластануы еліміздің көп аймақтарында кездеседі. Зерттеу жұмысы нәтижесінде осы стресс жағдайға төзімді және төзімсіз сорттар іріктелініп алынды, алынған төзімді сорттарды сол аймақтарда өсіріп, жақсы өнім алуға болады. Дипломдық жұмыс құрылымы кіріспеден және 3 бөлімнен тұрады. Қолданылған ғылыми әдебиеттер, негізгі және зерттеу әдістері, алынған нәтижелер мен оларды талқылау соңғы шыққан жарияланымдардан жинақталған.

Зерттеу әдістерінде Жалгасова Балжан арпа сорттарының биометриялық параметрлеріне жалпы қабылданған әдіс бойынша талдау жасап, липидтердің асқын тотығу деңгейін 2-тиобарбитур қышқылы қатысында анықтады және соңғы кезекте пигменттердің мөлшерін сандық әдіспен анықтап көрсетті. Зерттеу әдістері биотехнология мамандығы бойынша қарастырып, жақсы зерттеу жұмыстарын атқарған.

Зерттеу жұмысының мақсаты арпа сорттарына ауыр металдардың әсері бойынша скрининг жасау болып табылады. Дипломдық жұмыстың міндеттеріне сай яғни, биотехнологиялық зерттеу әдістерін қолдана отырып топыраққа тиімді жағын қарастырып, металдардың өсімдікке төзімділік әсерін ұсынған.

Дипломдық жұмыстың академиялық жазу сапасы жоғары деңгейде, ұқыпты жауапкершілікпен жазылған. Жұмыста кестелер, графиктер және суреттер толығымен қамтылған. Студенттің дипломдық жұмысын жақсы деп бағалап, дипломдық жұмыс толығымен орындалғанын растаймын.

Рецензент:

ЖШС «Микробиология және вирусология ғылыми өндірістік орталығы», тағам микробиологиясы зертханасының аға ғылыми қызметкері, Ph.D.



Айтжанова А.А.



Метаданные

Название

2022_БАҚ_Жалғасова.Б.2.docx

Автор

Жалғасова.Б.

Научный руководитель






Бекжан Қосалбаев

Подразделение

ИГИНГД

Список возможных попыток манипуляций с текстом

В этом разделе вы найдете информацию, касающуюся текстовых искажений. Эти искажения в тексте могут говорить о ВОЗМОЖНЫХ манипуляциях в тексте. Искажения в тексте могут носить преднамеренный характер, но чаще, характер технических ошибок при конвертации документа и его сохранении, поэтому мы рекомендуем вам подходить к анализу этого модуля со всей долей ответственности. В случае возникновения вопросов, просим обращаться в нашу службу поддержки.

Замена букв		9
Интервалы		0
Микропробелы		0
Белые знаки		0
Парафразы (SmartMarks)		12

Объем найденных подоби

Обратите внимание! Высокие значения коэффициентов не означают плагиат. Отчет должен быть проанализирован экспертом.

3.53%

3.53%

КП1

25

Длина фразы для коэффициента подобия 2

0.00%

0.00%

КП2

5078

Количество слов

0.10%

0.10%

КЦ

43790

Количество символов

Подобия по списку источников

Проанализируйте список и проанализируйте, в особенности, те фрагменты, которые превышают КП №2 (выделенные жирным шрифтом). Используйте ссылку «Обозначить фрагмент» и обратите внимание на то, являются ли выделенные фрагменты повторяющимися короткими фразами, разбросанными в документе (совпадающие сходства), многочисленными короткими фразами расположенные рядом друг с другом (парафразирование) или обширными фрагментами без указания источника («крилоцитаты»).

10 самых длинных фраз

Цвет текста

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ И АДРЕС ИСТОЧНИКА URL (НАЗВАНИЕ САЙТА)	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)	Цвет текста
1	Өсімдік жасушасындағы ауыр металды ұсыздандырудың механизмі 5/8/2022 International Kazakh-Turkish University named after Khoja Ahmed Yasawi (Жаратылыстану факультеті)	23	0.45 %
2	http://mebrk.kz/journals/906/47705.pdf	20	0.39 %
3	Өсімдік жасушасындағы ауыр металды ұсыздандырудың механизмі 5/8/2022 International Kazakh-Turkish University named after Khoja Ahmed Yasawi (Жаратылыстану факультеті)	16	0.32 %

4	Өсімдік жасушасындағы ауыр металды ұсыздандырудың механизмі 5/8/2022 International Kazakh-Turkish University named after Khoja Ahmed Yasawi (Жаратылыстану факультеті)	15	0.30 %
5	Өсімдік жасушасындағы ауыр металды ұсыздандырудың механизмі 5/8/2022 International Kazakh-Turkish University named after Khoja Ahmed Yasawi (Жаратылыстану факультеті)	15	0.30 %
6	Өртүрлі жағдайда өсірілген бидай сорттарының анатомиялық және физиологиялық белгілерін салыстыру 4/8/2022 Shymkent university (Deanery)	14	0.28 %
7	Cultivation Strategy for Freshwater Macro- and Micro-Algae as Biomass Stock for Lipid Production Mayumi Wiyahsari, Putri Apsari, Eida Melwita, Marieska Verawaty;	14	0.28 %
8	Өсімдік жасушасындағы ауыр металды ұсыздандырудың механизмі 5/8/2022 International Kazakh-Turkish University named after Khoja Ahmed Yasawi (Жаратылыстану факультеті)	11	0.22 %
9	http://mebdk.kz/journals/906/47705.pdf	10	0.20 %
10	Өсімдік жасушасындағы ауыр металды ұсыздандырудың механизмі 5/8/2022 International Kazakh-Turkish University named after Khoja Ahmed Yasawi (Жаратылыстану факультеті)	7	0.14 %

из базы данных RefBooks (0.28 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИФНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)	
Источник: Paperity			
1	Cultivation Strategy for Freshwater Macro- and Micro-Algae as Biomass Stock for Lipid Production Mayumi Wiyahsari, Putri Apsari, Eida Melwita, Marieska Verawaty;	14 (1)	0.28 %

из домашней базы данных (0.00 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИФНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)	
------------------	----------	---	--

из программы обмена базами данных (2.42 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИФНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)	
1	Өсімдік жасушасындағы ауыр металды ұсыздандырудың механизмі 5/8/2022 International Kazakh-Turkish University named after Khoja Ahmed Yasawi (Жаратылыстану факультеті)	102 (9)	2.01 %
2	Өртүрлі жағдайда өсірілген бидай сорттарының анатомиялық және физиологиялық белгілерін салыстыру 4/8/2022 Shymkent university (Deanery)	21 (2)	0.41 %

из интернета (0.83 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	ИСТОЧНИК URL	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)	
1	http://mebk.kz/journals/906/47705.pdf	42 (4)	0.83 %

Список принятых фрагментов (нет принятых фрагментов)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	СОДЕРЖАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	------------	---

