

К.К. Айтлесов\*, К.М. Аубакирова, З.А. Аликулов

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан, Астана қ.  
\*e-mail: enuter@yandex.kz

## АУЫР МЕТАЛ ТҰЗДАРЫМЕН ПРАЙМИНГТЕУ АРҚЫЛЫ АРПА ӨСКІНДЕРІНІҢ ТӨЗІМДІЛІГІН АРТТЫРУ

Мақалада кадмий және қорғасын тұздарының әртүрлі концентрацияларының арпа өсімдігі өскіндерінің өсуі мен дамуына әсері зерттелді. Қорғасын мен кадмий иондарының әсеріне өскіндердің жауабы ретінде олардың ылғал және құрғақ биомассасының жинақталу өзгерістері, өскіндердің биіктігі, сонымен қатар тірі қалуы бағаланды.  $CdCl_2$  және  $Pb(CH_3COO)_2$  күшті уытты әсер ететін ауыр металдар тобына жататындықтан, оларды жекелей енгізгенде өсімдіктің ылғал және құрғақ биомассаның жинақталуынан бәсеңдеу байқалып, өскіндер биіктігінің төмендеуі және дамудың баяулауына әкеліп отыр.  $Pb(CH_3COO)_2$  0,5-10 мМ концентрацияда өскіндерді ингибирлеу 2-10 есе төмендетсе,  $CdCl_2$  арпаның өскіндеріне жоғары концентрациядағы әсері құрғақ массаның жиналуын тоқтатуға әкелді. Арпа өскіндерінің қорғасын және кадмий тұздарының төмен концентрациясымен себер алдында өңдеу, олардың металдарға төзімділігін артырады және болашақта осы заттардың жоғары концентрациясының әсерін зақымданусыз және өсу процестерінің аз тежелуімен тасымалдауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар бұл металдар – фитохелатин синтезінің күшті индукторлары. Осылайша, осмопротектанттар жинақталуы ауыр металдардан жасушаны детоксикациялауда маңызды рөл атқаруы екіталай. Ауыр металдардың қатысуымен осмопротектанттар жинақталуының мүмкін рөлі міндетті түрде металды хелаттаумен байланысты емес. Біріншіден, ауыр металдар әдетте жасушадағы су балансын бұзады. Су тапшылығы әрдайым өсімдік жасушасында осмопротектанттар жиналуына әкелетіні белгілі. Ауыр металдардан туындаған осмопротектанттар жинақтау функциясы металды тікелей хелаттауға қарағанда осморегуляциямен және ферменттерді дегидратациядан қорғаумен байланысты болуы мүмкін.

**Түйін сөздер:** арпа өскіндерінің өсуі мен дамуы, қорғасын мен кадмий тұздары, прайминг, төзімділік.

**Қысқартулар:**  $Pb(CH_3COO)_2$  – сірке қышқылды қорғасын;  $CdCl_2$  – кадмий хлориді; Мм – миллимолярлы.

К.К. Aitlessov\*, К.М. Aubakirova, Z.A. Alikulov

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazakhstan, Astana  
\*e-mail: enuter@yandex.kz

### Increasing the resistance of barley sprouts by priming with heavy metal salts

The article investigated the different concentrations of cadmium and lead salts influence to the growth and development of barley plant shoots. As a response of sprouts to the action of lead and cadmium ions, changes in the accumulation of their wet and dry biomass, the height of the sprouts, as well as survival were evaluated. Since  $CdCl_2$  and  $Pb(CH_3COO)_2$  belong to the group of heavy metals with a strong toxic effect, when they are individually administered, there is a decrease in the growth of shoots and a slowdown in development due to the accumulation of wet and dry biomass of the plant. While inhibition of sprouts at a concentration of  $Pb(CH_3COO)_2$  0.5-10 mM reduced sprouts by 2-10 times, the effect of  $CdCl_2$  on barley sprouts in high concentrations led to a halt in the accumulation of dry mass. Processing of barley sprouts before sowing with a low concentration of lead and cadmium salts increases their resistance to metals and allows in the future to transport the effects of high concentrations of these substances without damage and with minimal inhibition of growth processes. In addition, these metals are powerful inducers of phytochelatin synthesis. Thus, the accumulation of osmoprotectants is unlikely to play an important role in cell detoxification from heavy metals. Apparently, the possible role of the accumulation of osmoprotectants in the presence of heavy metals is not necessarily associated with metal chelation. First, heavy metals usually disrupt the water balance in the cell. It is known that water deficiency always leads to the accumulation of osmoprotectants in the plant cell. The accumulation function of osmoprotectants caused by heavy metals may be more associated with osmoregulation and enzyme protection against dehydration than with direct metal chelation.

**Key words:** the growth and development of barley sprouts, lead and cadmium salts, priming, stability.

**Abbreviations:**  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  – lead acetic acid;  $\text{CdCl}_2$  – cadmium chloride; Mm – millimolar

К.К. Айтлесов\*, К.М. Аубакирова, З.А. Аликулов

Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Казахстан, г. Астана

\*e-mail: enuter@yandex.kz

### Повышение устойчивости ростков ячменя путем прайминга солями тяжелых металлов

В статье изучено влияние на рост и развитие побегов растений ячменя различных концентраций солей кадмия и свинца. Поскольку  $\text{CdCl}_2$  и  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  относятся к группе тяжелых металлов, обладающих сильным токсическим действием, при их отдельном введении наблюдается снижение роста и развития побегов из-за замедления накопления влажной и сухой биомассы растения. В то время как ингибирование ростков при концентрации  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  0,5-10 мМ уменьшало ростки в 2-10 раз, воздействие  $\text{CdCl}_2$  на ростки ячменя в высоких концентрациях приводило к остановке накопления сухой массы. Предпосевный прайминг всходов ячменя низкими концентрациями солей свинца и кадмия позволяет повысить их устойчивость к металлам и в дальнейшем переносить действие высоких концентраций этих веществ без повреждений и с меньшим торможением ростовых процессов. Кроме того, эти металлы являются сильными индукторами синтеза фитохелатина. Таким образом, накопление осмопротектантов вряд ли сыгрывает важную роль в детоксикации клеток из тяжелых металлов. По-видимому, возможная роль накопления осмопротектантов в присутствии тяжелых металлов не обязательно связана с хелатированием металлов. Во-первых, тяжелые металлы обычно нарушают водный баланс в клетке. Известно, что дефицит воды всегда приводит к накоплению осмопротектантов в растительной клетке. Функция накопления осмопротектантов, вызванных тяжелыми металлами, может быть связана с осморегуляцией и защитой ферментов от обезвоживания в отличие от прямого хелатирования металла.

**Ключевые слова:** рост и развитие ростков ячменя, соли свинца и кадмия, прайминг, устойчивость.

**Сокращения и обозначения:**  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  – уксуснокислый свинец;  $\text{CdCl}_2$  – хлорид кадмия; Мм – миллимолярный

### Кіріспе

Қоршаған ортаның ауыр металдармен ластануы қазіргі уақытта өзекті мәселе болып келеді. Ауыр металдарға тығыздығы  $5 \text{ г/см}^3$ -тен асатын және салыстырмалы атомдық массасы 40-тан асатын химиялық элементтердің салыстырмалы түрде үлкен тобы жатады. Бұл металдардың көпшілігі күкірт бар лигандтарға өте жақын және олармен күшті қосылыстар түзеді. Сондықтан жасушаларға еніп, олар SH-топтарымен әрекеттесіп, көптеген ферменттердің белсенділігін тежейді. Бұл ауыр металдардың жоғары уыттылығымен байланысты жасушаның зат алмасуында әртүрлі бұзылуларды тудырады. Ауыр металдар міндетті түрде улы болады деген қатетүсінік бар, себебі мырыш, мыс, темір, марганец және жануарлар мен өсімдіктердің тіршілігі барысында физиологиялық-биохимиялық үрдістерге аз мөлшерде қажет болатын ауыр металдардың үлкен тобы енеді. Тіршілікке қажетті биогенді элементтер тобына жатпайтын ауыр металдардан қорғасын (Pb) және кадмий (Cd) қоршаған ортада жиі кездеседі. Кадмий және

қорғасынмен қоршаған ортасының ластануы негізінен адамның шаруашылық қызметінің төрт түріне байланысты: 1) өнеркәсіпте сұйық және қатты отынды жағу, 2) қара және түсті металлургияда металдарды балқыту өндірістері, 3) Cd және Pb жоғары мөлшерде болатын сақынды суларды төгу және 4) топыраққа химиялық заттарды, соның ішінде тыңайтқыштарды қосу кезінде болады [1,2,3,4].

Табиғи ортаның қоректік тізбектеріне Cd және Pb-нің негізгі бөлігі өсімдіктердің сіңіруі арқылы келеді. Көптеген өсімдіктер ауыр металдарды топырақтағы металдардың концентрациясынан бірнеше есе көп мөлшерде жинақтай алады. Өсімдіктердің ауыр металдарды жинақтауы және олардың артық мөлшерде болуына төзімді болу қабілеті олардың жеке физиологиялық ерекшеліктерінің көрінісі болып табылады [5,6]. Өсімдік жасушаларына беткі байланыстыру немесе өсімдік ағзасына ене отырып,  $\text{Pb}^{2+}$  және  $\text{Cd}^{2+}$  нуклеин қышқылдары, ақуыздар, полисахаридтер және басқа да қосылыстардың биохимиялық функционалды топтарымен өзара әрекеттесіп, осы топтарға қосылған басқа да

металдар иондарын алмастыра алады. Өсімдік ағзасында осының нәтижесінде бастапқы және басқа процестердің зақымдануының салдары болып табылатын зат алмасудың әртүрлі бұзылыстары пайда болады.

Бұл жұмыстың негізгі мақсаты арпа өсімдігі өскіндерінің өсуі мен даму процестеріне кадмий мен қорғасын тұздарының әртүрлі концентрацияларының әсерін зерттеу, сондай-ақ өскіндерді аталған ауыр металл тұздарының төмен концентрацияларымен алдын-ала өңдеу арқылы олардың төзімділігін арттырады деген болжамды тексеру болды.

### Зерттеу әдістері

Тәжірибелер жүргізілген фитотронның ауа температурасы 23-26 °С, салыстырмалы ылғалдылығы 65-72 % болды. Арпаның (*Hordeum vulgare L.*) Астана-2000 сортының өскіндері 1/2 Кноп қоректік ортасында (рН 6.2-6.4) 3 тәулік бойы өсірілді.

Арпа тұқымдары 1, 3 және 7 тәулік бойы  $Pb(CH_3COO)_2$  және  $CdCl_2$  ерітінділерінің төмен концентрацияларда (0,001-0,005 мМ), сондай-ақ дистелденген суда (бақылау үшін) себер алдын ала өңделді. Содан кейін бөлме температурасында 1 тәулік кептірілді. 7 күн ішінде олар бірдей тұздардың әсеріне ұшырады, ал өсу процестерінің тежелуіне әкелетін жоғары концентрацияларда (0,05-10,00 мМ), ұзақ экспозиция кезінде өсімдіктердің зақымдануына немесе өлуіне

әкелді. Өскіндердің бір бөлігі бірдей (төмен немесе жоғары) концентрациядағы қорғасын мен кадмий тұздарының ерітінділерінде тәжірибе бойы сақталды. Тәжірибенің басқа шарттары өзгеріссіз қалды.

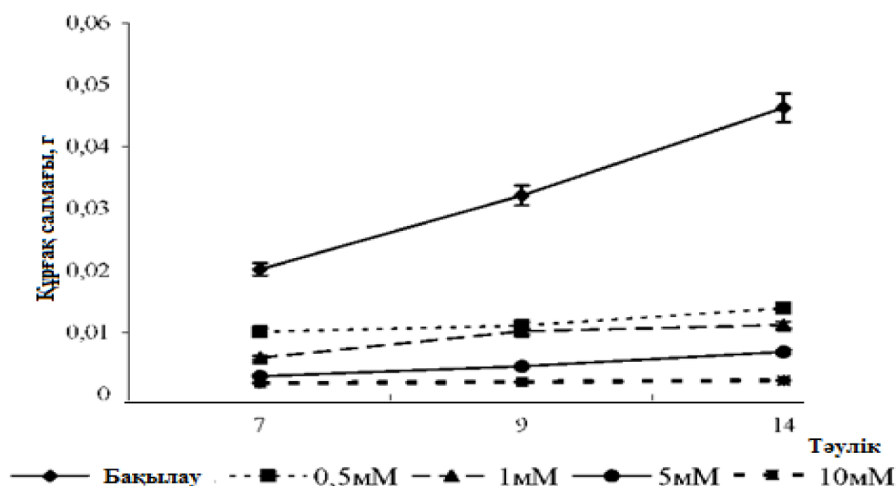
Қорғасын мен кадмий иондарының әсеріне өскіндердің жауабы ретінде олардың ылғал және құрғақ биомассасының жинақталу өзгерістері, өскіндердің биіктігі, сонымен қатар тірі қалуы бағаланды.

Тәжірибенің әр нұсқасында 4 өскіннен тұратын 5 сынама талданды, әр тәжірибе 3 қайталауда жүргізілді. Алынған мәліметтер статистикалық өңдеуден өтті. Орташа арифметикалық (М), орташа квадраттық ауытқу (δ), орташа арифметикалық ( $m_m$ ) репрезентативтілік қателігі есептелді. Айырмашылықтың дұрыстығын бағалау Стьюдент критерийі (t) арқылы жүргізілді [6].

### Зерттеу нәтижелері

$Pb^{+2}$  иондарының арпа өскіндеріне әсері

Арпа өскіндеріне  $Pb(CH_3COO)_2$  күшті уытты әсер етті. Қазірдің өзінде (1 сурет)  $Pb(CH_3COO)_2$  әр түрлі концентрацияларының әсеріне ұшыраған 7 күндік арпа өскіндерінде құрғақ массаның жинақталуының төмендеуі байқалды, бұл ретте концентрацияның артуына байланысты өскіндердің құрғақ салмағының азаюы байқалды: 0,5 мМ концентрацияда 2 есеге, 1 мМ – 3,5 есеге; 5 мМ – 3,7 есеге; 10 мМ – 10 есе.



1-сурет –  $Pb(CH_3COO)_2$  ерітінділерінің арпа өскіндерінің құрғақ массасының жиналуына әсері

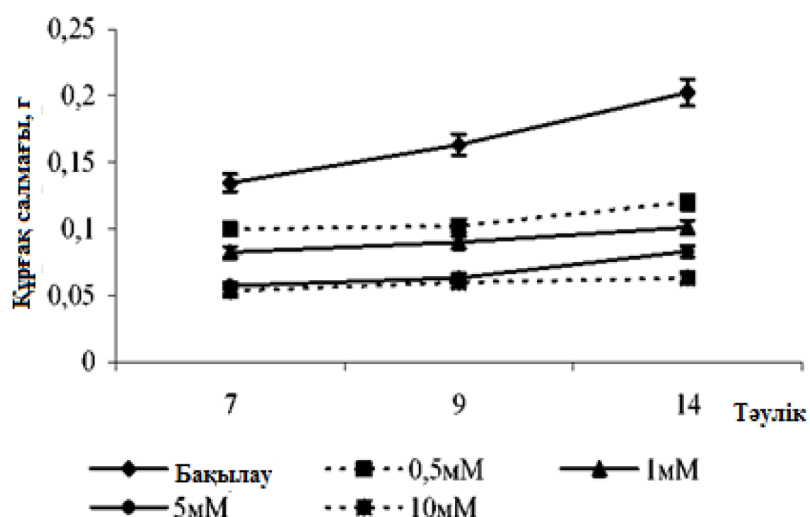
$Pb^{+2}$  иондарының 14 тәулікке дейінгі әсер етуі, сондай-ақ  $Pb(CH_3COO)_2$  жоғары концентрацияларының әсері кезінде масса өсімінің толық тоқтауына және өскіндердің құрғақ массаның жиналуына кедергі келтірді.

Сол сияқты  $Pb^{+2}$  иондарының әсеріне ұшыраған арпа өскіндерінің ылғал массасы мен биіктігі өзгерді (2-сурет, 3-сурет). Өскіндердің биіктігінің төмендеуі, ылғал және құрғақ массаның жинақталуының баяулауы дамудың баяулауына әкелді.

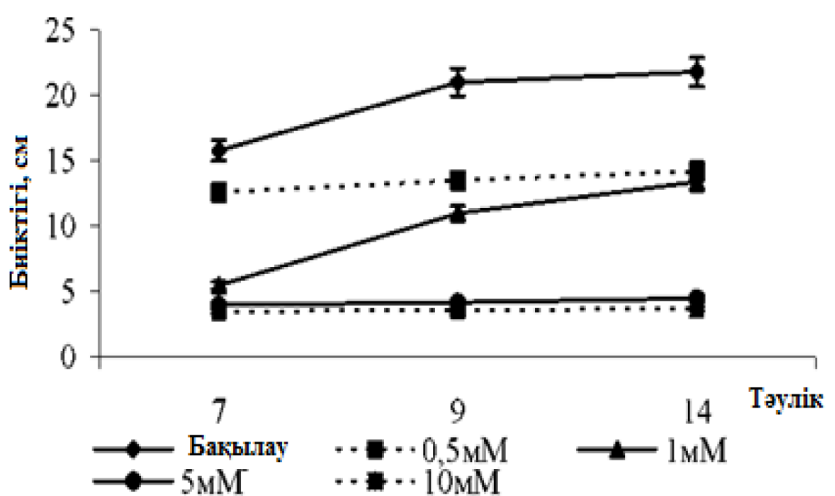
$Pb(CH_3COO)_2$  1 мМ концентрациясы арпа өскіндерінің ылғал және құрғақ массасының

жиналуын 7 тәулік бойы айтарлықтай тежеді (1 – 2 сурет, 1 кесте). Бұған қоса, өсудің күрт тежелуі басталғанға дейін, өскіндер қорғасын иондарының әсеріне ұшырағанына қарамастан тәжірибе алдында немесе ол басталғаннан кейін 1, 4 немесе 7 күн өткен соң байқалды.

1, 4 және 7 тәулік қорғасын ацетатының төмен концентрациясымен (0,001 мМ) алдын ала өңделген өскіндер өңделмеген өскіндермен салыстырғанда 1 мМ концентрациялы ортада ылғал салмағы аз дәрежеде төмендеуіне әкеліп отыр (1, 2-суреттер, 1-кесте).



2-сурет –  $Pb(CH_3COO)_2$  ерітінділерінің арпа өскіндерінің ылғал массасының жиналуына әсері



3-сурет –  $Pb(CH_3COO)_2$  ерітінділерінің арпа өскіндерінің биіктігіне әсері

**1-кесте** –  $Pb(CH_3COO)_2$  алдын ала өңдеудің арпа өскіндерінің құрғақ массасының өзгеруіне олардың концентрациясының одан әрі артуының әсері.  $M \pm m$ ,  $n = 6$ , \* –  $p > 0.95$

Өскіндерді алдын ала өңдеудің немесе суда экспозицияның ұзақтығы, тәулік	7 тәулік ішінде құрғақ массаның өзгеруі, г			
	1 мМ $Pb(CH_3COO)_2$ өңдеуден кейінгі өскіндер		0,5 мМ $Pb(CH_3COO)_2$ өңдеуден кейінгі өскіндер	
	Суда экспозициядан кейін	0,001 мМ $Pb(CH_3COO)_2$ алдын ала өңдеуден кейін	Суда экспозициядан кейін	0,001 мМ $Pb(CH_3COO)_2$ алдын ала өңдеуден кейін
0	$0.0203 \pm 0.0005$	-	$0.0203 \pm 0.0005$	-
1	$0.0172 \pm 0.0004$	$0.0451^* \pm 0.0007$	$0.0190 \pm 0.0005$	$0.0385^* \pm 0.0007$
3	$0.0223 \pm 0.0004$	$0.0308^* \pm 0.0005$	$0.0207 \pm 0.0004$	$0.0314^* \pm 0.0004$
7	$0.0212 \pm 0.0006$	$0.0277^* \pm 0.0004$	$0.0201 \pm 0.0003$	$0.0302^* \pm 0.0008$

Айта кету керек,  $Pb(CH_3COO)_2$ -мен алдын ала өңделген нұсқалардағы өскіндердің құрғақ массасы (1 кесте) 0,001 мМ нұсқадағыдай болды. Алдын ала өңделген өскіндердегі құрғақ массаның өсу мөлшері 0,001 мМ қорғасын ацетатпен 1, 3 және 7 тәулік ішінде, келесі әрекет ету кезеңінде (7 тәулік) жоғары концентрациядағы қорғасын тек жоғары концентрацияға ұшыраған өскіндерге қарағанда жоғары болды (1 кесте).

$Pb(CH_3COO)_2$  әсерінен 10 мМ концентрацияда 1 мМ-ге қарағанда арпа өскіндерінің

ылғал және құрғақ массасының жиналуының жылдамдық бірден төмендеуі және өңдеуге дейінгі нұсқамен салыстырғанда оның баяулауы байқалды (тәжірибе басталғаннан соң 3 және 7 тәуліктен кейін өңдеу, 2 кесте). Қорғасынның осы зақымдаушы концентрациясын 0,001 мМ концентрациядағы өскіндердің алдын ала өңдеуден кейін пайдалану кезінде де қорғасынмен төмен концентрацияда алдын ала өңдеудің уақытына (1, 3 немесе 7 тәулік) қарамастан өскіндердің ылғалды массасының жинақталуының басылуына әкелді.

**2-кесте** –  $Pb(CH_3COO)_2$ -мен алдын ала өңдеудің  $Pb(CH_3COO)_2$  концентрациясының кейіннен артуы кезінде арпа өскіндерінің ылғалды және құрғақ массасының өзгеруіне әсері 2,  $m \pm m$ ,  $n = 6$ , \* –  $p > 0.95$

Өскіндерді алдын ала өңдеу немесе суда экспозицияның ұзақтығы, тәулік	$Pb(CH_3COO)_2$ , 10 мМ-мен өңделгеннен кейінгі өскіндер			
	7 тәулікте өзгерген ылғалды масса		7 тәулікте өзгерген ылғалды масса	
	Суда экспозициядан кейін	0,001 мМ $Pb(CH_3COO)_2$ алдын ала өңдеуден кейін	Суда экспозициядан кейін	0,001 мМ $Pb(CH_3COO)_2$ алдын ала өңдеуден кейін
0	$0.1344 \pm 0.0005$	-	$0.0201 \pm 0.0005$	-
1	$-0.0544 \pm 0.0004$	$-0.0498^* \pm 0.0007$	$0.0007 \pm 0.0004$	$0.0009 \pm 0.0007$
3	$-0.0803 \pm 0.0004$	$-0.0777^* \pm 0.0005$	$0.0008 \pm 0.0004$	$0.0009 \pm 0.0005$
7	$-0.0801 \pm 0.0006$	$-0.0796^* \pm 0.0004$	$0.0009 \pm 0.0006$	$0.0008 \pm 0.0004$

Сонымен, қорғасынның 10 мМ концентрациясының әсері өскіндер тікелей көрсетілген концентрация ерітіндісіне салынғанына немесе төмен концентрацияда алдын-ала өңделгеніне қарамастан (2 кесте) құрғақ массасының жиналуының толық тежелуіне әкелді. Сондықтан,

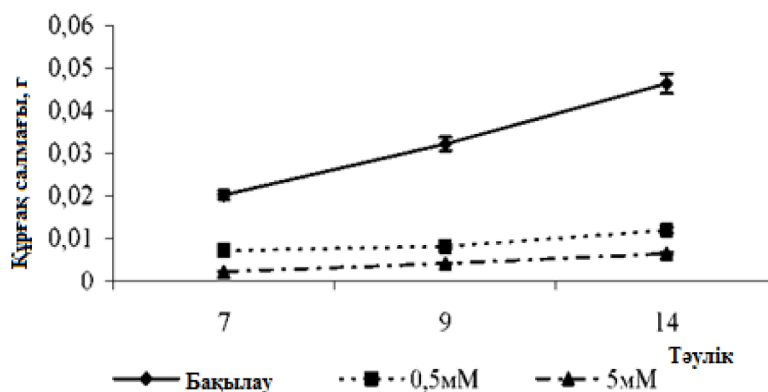
10 мМ концентрациясын қолданған кезде су алмасуының бұзылуы орын алды, бұл өскіндердің ылғал массасының күрт төмендеуіне әкелді.

Сонымен қатар, өсу ғана емес, өсімдіктердің дамуы да баяулады. Егер бақылаудағы өскін-

дерде 2-3 нақты жапырақтану фазасында болса, ал тұз ерітінділерімен өңделген өсімдіктер осы жапырақтанудың 1 фазасында қалды.

Cd<sup>+2</sup> иондарының бидай өскіндеріне әсері

Арпа өскіндеріне кадмийдің жоғары концентрацияларының (0,05 мМ және 5 мМ CdCl<sub>2</sub>) әсерінен құрғақ массаның жиналуын тоқтатуға әкелді (4-сурет).



4-сурет – CdCl<sub>2</sub> ерітінділерінің арпа өскіндерінің құрғақ массасына әсері

1, 3 немесе 7 тәулік бойы 0,001 мМ концентрацияда осы қосылыспен өскіндерді алдын ала өңдеу қорғасынмен жүргізілген тәжірибелердегідей 0,05 мМ концентрациядағы кадмийдің ингибиторлық әсерін, бірақ алдын ала өңдеусіз ұқсас нұсқамен салыстырғанда төмендетті (3 кесте). Бұл жағдайда өскіндердің құрғақ массасының өсуі алдын-ала өңдеусіз нұсқаларға қарағанда жоғары болды. CdCl<sub>2</sub> жоғары концентрациясы, қорғасын тұздары сияқты, 0,001 мМ CdCl<sub>2</sub> өңдеуден кейін өскіндердің құрғақ массасының өсуіне ықпал етпеді.

3-кесте – CdCl<sub>2</sub> алдын ала өңдеудің CdCl<sub>2</sub>, M ± m, n = 6, \* – p > 0.95 концентрациясының кейіннен ұлғаюы кезінде арпа өскіндерінің ылғал және құрғақ массасының өзгеруіне әсері

Өскіндерді алдын ала өңдеу немесе суда экспозицияның ұзақтығы, тәулік	7 тәулік ішінде құрғақ массаның өзгеруі, г			
	0,5 мМ CdCl <sub>2</sub> өңдеуден кейінгі өскіндер		5 мМ CdCl <sub>2</sub> өңдеуден кейінгі өскіндер	
	Суда экспозициядан кейін	0.001 мМ CdCl <sub>2</sub> алдын ала өңдеуден кейін	Суда экспозициядан кейін	0.001 мМ CdCl <sub>2</sub> алдын ала өңдеуден кейін
0	0.0201 ± 0.0005	-	0.0201 ± 0.0005	-
1	0.0173 ± 0.0004	0.0260* ± 0.0007	0.0006 ± 0.0005	0.0010 ± 0.0007
3	0.0194 ± 0.0004	0.0328* ± 0.0005	0.0008 ± 0.0004	0.0011 ± 0.0004
7	0.0202 ± 0.0006	0.0297* ± 0.0004	0.0005 ± 0.0003	0.0014* ± 0.0008

Әдеби мәліметтерге сүйенсек, өсімдіктердің ауыр металдардың әсеріне төтеп беру қабілеті олардың қорғаныс реакцияларының кешенін белсендірумен байланысты болады. Атап айтқанда, ауыр металдардың әсерінен бірқатар ферменттердің белсенділігі өзгертіні туралы мәліметтер бар [8,9,10,11], металлотионеиндердің синтезін күшейтеді [12,13,14,15] және фитохелатиндер [16], күйзеліс ақуыздары, сонымен қатар еркін аминқышқылдары [17] және т.б. жиналады. Дегенмен, өсімдіктерде физиологиялық және

биохимиялық процестерінің ауыр металдардың біртіндеп күшейтілген дозаларының әсерінен өзгеру сипаты және бейімделудің нақты механизмдері әлі толық зерттелмеген. Өсіп келе жатқан концентрациядағы ауыр металдардың әсері өсудің тежелуіне ғана емес, сонымен қатар жапырақтардың су өткізгіштігінің төмендеуіне байланысты өсімдіктердің су алмасуының бұзылуына, сондай-ақ бүйір тамырлар мен тамыр түктерінің пайда болуына кедергі келтіреді [18,19,20].

Өсімдіктерге ауыр металдардың концентрациясының жоғарылауының әсері туралы мәліметтер әлі де көп емес. Атап айтқанда, бұршақпен жүргізілген тәжірибеде өсімдіктердің кадмийдің уытты әсеріне бейімделу қабілетін дәлелдейді [21,22,23]. Осы түрдің тұқымдарын 7 сағат 3,8 мкМ  $CdCl_2$  ерітіндісінде өндеп, 48 сағаттан кейін тұқым өнуін бастағанда  $CdCl_2$  25 мкМ концентрациясы бар ортада өскіндерді қысқа (30 мин) уақытта өсіргенде кадмийдің уытты әсері төмендеді. Сондай-ақ, 0,2 мкг/мл концентрациясында бухарник өсімдігін кадмий сульфатымен алдын-ала өңдеу тамырлардың одан жоғары концентрацияның кейінгі әсеріне (1 мкг/мл) төзімділігінің артуына әкелетіні көрсетілді. Ұқсас нәтижелер өсімдіктерге қолайсыз температураның жоғарылауы мен тұздандудың жоғарылауын зерттеу кезінде де байқалды [24,25,26].

Көптеген эксперименттердің нәтижелері ауыр металдардың (екі валентті сынап, кадмий, қорғасын және басқалары) *in vivo* магний, марганец және мырыш сияқты биогендік металдармен бәсекелесетінін және осы металдардың биологиялық белсенді молекулалардағы орындарына енетінін көрсетеді. Магний өсімдік хлорофиллдерінің барлық түрлерінің негізгі құрамдас бөлігі екені белгілі. Хлорофилл өсімдіктер тіршілігінде орталық рөл атқарады -фотосинтез процесі, яғни өсімдіктерді көміртегімен қамтамасыз ету тек оларға байланысты. Марганец пен мырыш антиоксидантты ферменттердің белсенді орталығы – супероксид дисмутазалардың негізгі компоненттері болып табылады. Осылайша, қоршаған ортадағы ауыр металдардың салыстырмалы түрде жоғары концентрациясында олар биогендік металдардың орнына биологиялық белсенді молекулалардың құрамына ене алады.

Ауыр металдардың концентрациясы биогендік микроэлементтерден асып кетсе, химиялық бәсекелестік нәтижесінде ауыр металдар биологиялық белсенді ақуыздар мен ферменттерге қосылады. Сондықтан өсімдік тұқымдарын биогенді металл иондарының жеткілікті мөлшерімен себер алдында қанықтыру ауыр металдардың ингибиторлық әсерін болдырмайды. Егіс алдындағы прайминг кезінде, тұқымның өнуі кезінде және өсімдіктердің одан әрі өсуі мен дамуы кезінде жинақталған микроэлементтердің иондары тамырлар мен жер мүшелеріне тасымалданады. Өсімдіктер үшін микроэлементтер өте аз концентрацияда қажет болғандықтан,

тұқымдарды осындай биогенді металдардың иондарымен алдын ала қанықтыру онтогенез кезінде әртүрлі мүшелердің тіндеріндегі ферменттер мен ақуыздарды қамтамасыз ете алады. Сонымен қатар, ұлпа ішіндегі микроэлементтер биологиялық молекулаларға тезірек енеді.

Осылайша, арпа өскіндерінің қорғасын және кадмий тұздарымен төмен концентрацияда алдын-ала өңделу, олардың металдарға төзімділігінің жоғарылауын тудырады және болашақта осы химиялық заттардың сублетальды концентрациясының әсерін зақымдамай және өсу процестерін аз тежеуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, белгілі бір дәрежеде стресстің жоғарылауы кезіндегі төзімділік деңгейі ауыр металдардың әсер ету тәртібі мен ұзақтығына байланысты (металл концентрациясы мен экспозициясы) болады.

Осылайша, ауыр металдардың концентрациясы биогендік микроэлементтерден асып кетсе, химиялық бәсекелестік нәтижесінде ауыр металдар биологиялық белсенді ақуыздар мен ферменттерге қосылады. Сондықтан өсімдік тұқымдарын биогенді металл иондарының жеткілікті мөлшерімен себер алдында қанықтыру ауыр металдардың ингибиторлық әсерін болдырмайды. Егіс алдындағы прайминг кезінде, тұқымның өнуі кезінде және өсімдіктердің одан әрі өсуі мен дамуы кезінде жинақталған микроэлементтердің иондары тамырлар мен жер мүшелеріне тасымалданады. Өсімдіктер үшін микроэлементтер өте аз концентрацияда қажет болғандықтан, тұқымдарды осындай биогенді металдардың иондарымен алдын ала қанықтыру онтогенез кезінде әртүрлі мүшелердің тіндеріндегі ферменттер мен ақуыздарды қамтамасыз ете алады. Сонымен қатар, ұлпа ішіндегі микроэлементтер биологиялық молекулаларға тезірек енеді. Сол себепті кейбір басқа стресстердің (төменгі және жоғары температура, тұзданду), сондай-ақ ауыр металдардың әсерінен өсіп келе жатқан өсімдіктерде қорғаныс және бейімделу процестері белсендіріліп, нәтижесінде металдардың жоғары концентрациясына төзуге мүмкіндік беретін төзімділік пайда болатындығын атап өтуге болады.

### Қорытынды

1.  $Pb(CH_3COO)_2$ -нің арпа өскіндерінде құрғақ массаның жинақталуының төмендеуі байқалды, яғни өскіндерде күшті уытты әсер байқалды: концентрация 0,5 мМ болғанда биомасса 2 есе,

1 мМ – де 3,5 есе; 5 мМ – де 3,7 есе; 10 мМ-де шамамен 10 есе төмен жинақталды. Арпа өскіндерінің биіктігінің аласаруы нәтижесінде ылғал және құрғақ биомассаның жинақталуының баяулауы мен дамудың тежелуіне ұшыратты.

2. Өскіндерді қорғасын ацетатымен 1, 3 немесе 7 тәулік бойы төмен концентрацияда (0,001 мМ) алдын ала өңдеу 1 мМ концентрацияның кейінгі әсері кезінде өскіндердің ылғалды салмағы алдын ала өңдеусіз нұсқаларға қарағанда аз дәрежеде төмендеуіне алып келді.

3. Арпа өскіндерінің ылғал және құрғақ массасының жинақталуы  $Pb(CH_3COO)_2$  10 мМ концентрациядағы әсері кезінде одан да күрт төмендеді, өскіндерді алдын ала қорғасынның 0,001

мМ концентрациясымен өңдегеннен кейін осы концентрацияның әсері қорғасынмен төмен концентрацияда алдын ала өңдеудің ұзақтығына (1, 3 немесе 7 тәулік) қарамастан өскіндердің ылғал және құрғақ массасының жинақталуын басуға әкелді.

4.  $CdCl_2$  арпаның өскіндеріне жоғары концентрациядағы әсері құрғақ массаның жиналуын тоқтатуға әкелді.

5. Төмен концентрациядағы қорғасын және кадмий тұздарымен арпа өскіндерін алдын-ала өңдеу олардың металдар әсеріне төзімділігін жоғарылатады және осы заттардың жоғары концентрациясының әсерінен бүлінбей және өсу процестерін аз тежей отырып әрі қарай өсуіне мүмкіндік береді.

### Әдебиеттер

1. Прохорова Н. В., Матвеев Н. М., Павловский В. А. Аккумуляция тяжелых металлов дикорастущими и культурными растениями в лесостепном и степном Поволжье. Самара: Самарский университет. – 1998. – 131 с.
2. Thabit T.M., Shokr S.A., Elgeddawy D.I.H., El-Naggar M.A.H. Determination of heavy metals in wheat and barley grains using ICP-MS/MS//Journal of AOAC International. – 2021. – Vol.103, No 5. – P. 1277-1281.
3. Enakiev Y.I., Lapushkina A.A., Lapushkin V.M., Vernichenko I.V. Effect of seed treatment by selenium and silicon on the absorption of heavy metals by barley plants under soil drought//Bulgarian Journal of Agricultural Science. – 2021. – Vol.27, No 2. – P.328-332.
4. Atabayeva, S. Heavy Metals Accumulation Ability of Wild Grass Species from Industrial Areas of Kazakhstan/ In: Ansari, A., Gill, S., Gill, R., Lanza, G., Newman, L. (eds) Phytoremediation. Springer, Cham. 2016.-P. 157-208.
5. Бингам Ф. Т. Некоторые вопросы токсичности ионов металлов. – М.: Мир, 1993. – 366 с.
6. Mawof A., Prasher S.O., Bayen S., Nzediegwu C., Patel R., Jazini R., Soleimani M., Mirghaffari N. Characterization of barley straw biochar produced in various temperatures and its effect on lead and cadmium removal from aqueous solutions// Water and Environment Journal. – 2018. – Vol.32, No 1. – P. 125-133.
7. Foy C. D., Chaney R. L., White M. C. The physiology of metal toxicity in plants. // Ann. Rev. Plant Physiol. 1978. Vol. 29. – P. 511-566.
8. Murphy A., Zhou J., Goldsbrough P.B., Taiz L. Purification and immunological identification of Metallothioneins 1 and 2 from Arabidopsis thaliana. // Plant Physiol. 1997. Vol. 113. – P. 1293-1301.
9. Steffens J. C. The heavy metal-binding peptides of plants. // Ann. Rev. Plant Physiol. 1990. Vol. 41. – P. 553-575.
10. Гуральчук Ж. З. Механизмы устойчивости растений к тяжелым металлам. // Физиология и биохимия культур растений. – 1994. Т. 26. – С. 107-117.
11. Zhang X., Wang H., He L., Lu K., Sarmah, A., Li J., Bolan N.S., Huang H. Using biochar for remediation of soils contaminated with heavy metals and organic pollutants//Environmental Science and Pollution Research.-2013.-Vol. 20, No 12.-P. 8472-8483. doi: 10.1007/s11356-013-1659-0
12. Jones S., Bardos R.P., Kidd P.S., Mench M., de Leij F., Hutchings T., Cundy A., Menger P. Biochar and compost amendments enhance copper immobilization and support plant growth in contaminated soils // Journal of Environmental Management. – 2016. – Vol. 171. – P. 101-112. doi: 10.1016/j.jenvman.2016.01.024
13. Мельничук Ю. П. Влияние ионов кадмия на клеточное деление и рост растений. – Киев: Наукова думка, 1990. – С. 35-37.
14. Eldamaty H.S.E., Elbasiouny H., Elmoslemany A.M., Moneim D.A.E., Zedan A. Protective effect of wheat and barley grass against the acute toxicological effects of the concurrent administration of excessive heavy metals in drinking water on the rats liver and brain// Applied Sciences (Switzerland).-2021.- Vol.11, No 11. –P.50-59.
15. Mawof A., Prasher S.O., Bayen S., Nzediegwu C., Patel R. Barley Straw Biochar and Compost Affect Heavy Metal Transport in Soil and Uptake by Potatoes Grown under Wastewater Irrigation// Sustainability (Switzerland).- 2022.-Vol.14, No 9.-P.56-65.
16. Титов А.Ф., Шерудило Е. Г., Боева Н.П. Формирование устойчивости растений в условиях нарастающего температурного стресса. // Адаптация, рост и развитие растений / под ред. Дроздова С.Н., Титова А.Ф. – Петрозаводск: Карел. НЦ РАН, 1994. – С. 46-55.
17. Harrington H.M., Aim P.M. Interaction of heat and salt shock in cultured tobacco cells. // Plant Physiol. 1988. Vol. 88. P. 618-625.



18. Sanal F. The effects of heavy metal exposure on phenolic compounds in Barley (*Hordeum Vulgare*) ( Book Chapter)// *Hordeum vulgare: Production, Cultivation and Uses.* – 2021. – P. 139-162.
19. Yang X., Feng Y., He Z., Stoffella P.J. Molecular mechanisms of heavy metal hyperaccumulation and phytoremediation// *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology.* – 2005. – Vol. 18, No 4. – P. 339-353. doi: 10.1016/j.jtemb.2005.02.007
20. Tozser D., Magura T., Simon E. Heavy metal uptake by plant parts of willow species: A meta-analysis // *Journal of Hazardous Materials.*-2017.-Vol. 336.-P. 101-109. doi: 10.1016/j.jhazmat.2017.03.068
21. Liu J.J., Wei Z., Li J.H. Effects of copper on leaf membrane structure and root activity of maize seedling// *Bot. Stud.* – 2014. – Vol. 55. – P. 41-47.
22. Rai P.K., Lee S.S., Zhang M., Tsang Y.F., Kim K.H. Heavy metals in food crops: health risks, fate, mechanisms and management // *Environ. Int.* – 2019. Vol. 125. – P. 365-385.
23. Mohammad J.K., Muhammad T., Khalid K. Effect of organic and inorganic amendments on the heavy metal content of soil and wheat crop irrigated with wastewater // *Sarhad J. Agric.* – 2013. Vol. 29. – P. 145-152.
24. Rizvi A., Ahmed B., Zaidi A., Khan M. S. Heavy metal mediated phytotoxic impact on winter wheat: oxidative stress and microbial management of toxicity by *Bacillus subtilis* // *BM2, RSC Adv.* – 2019. – Vol. 9. – P. 6125-6142.
25. Pegah M.D., Sharif-Zadeh F., Janmohammadi M. Influence of priming techniques on seed germination behavior of maize inbred lines (*Zea mays* L.). // *ARPN J. Agric. and Biol. Sci.*, №3, 2008. – P. 22-25.
26. Singh S., Parihar P., Singh R., Singh V.P., Prasad S.M. Heavy metal tolerance in plants: role of transcriptomics, proteomics, metabolomics, and ionomics // *Front. Plant Sci.* – 2015. – Vol. 6. – P. 1143.

### References

1. Prokhorova N.V., Matveev N. M., Pavlovsky V.A. Accumulation of heavy metals by wild and cultivated plants in the forest-steppe and steppe Volga region. Samara: Samara University, 1998. – 131 p.
2. Thabit T.M., Shokr S.A., Elgeddawy D.I.H., El-Naggar M.A.H. Determination of heavy metals in wheat and barley grains using ICP-MS/MS//*Journal of AOAC International.* – 2021. – Vol.103, No 5. – P. 1277-1281.
3. Enakiev Y.I., Lapushkina A.A., Lapushkin V.M., Vernichenko I.V. Effect of seed treatment by selenium and silicon on the absorption of heavy metals by barley plants under soil drought//*Bulgarian Journal of Agricultural Science.* – 2021. – Vol.27, No 2. – P.328-332.
4. Atabayeva, S. Heavy Metals Accumulation Ability of Wild Grass Species from Industrial Areas of Kazakhstan/ In: Ansari, A., Gill, S., Gill, R., Lanza, G., Newman, L. (eds) *Phytoremediation.* Springer, Cham. 2016. – P. 157-208.
5. Bingham F. T. Some questions of the toxicity of metal ions. M.: Mir, 1993. 366 p.
6. Mawof A., Prasher S.O., Bayen S., Nzediegwu C., Patel R., Jazini R., Soleimani M., Mirghaffari N. Characterization of barley straw biochar produced in various temperatures and its effect on lead and cadmium removal from aqueous solutions// *Water and Environment Journal.*-2018.-Vol.32, No 1.-P. 125-133 doi: 10.1111/wej.12307
7. Foy C.D., Chaney R.L., White M.C. The physiology of metal toxicity in plants. // *Ann. Rev. Plant Physiol.* 1978. Vol. 29. – P. 511-566.
8. Murphy A., Zhou J., Goldsbrough P. B., Taiz L. Purification and immunological identification of Metallothioneins 1 and 2 from *Arabidopsis thaliana*. // *Plant Physiol.* 1997. Vol. 113. P. 1293-1301.
9. Steffens J. C. The heavy metal-binding peptides of plants. // *Ann. Rev. Plant Physiol.* 1990. Vol. 41. P. 553-575.
10. Guralchuk Zh.Z. Mechanisms of resistance of plants to heavy metals. // *Physiology and biochemistry cult. plants.* 1994. V. 26. – S. 107-117.
11. Zhang X., Wang H., He L., Lu K., Sarmah, A., Li J., Bolan N.S., Huang H. Using biochar for remediation of soils contaminated with heavy metals and organic pollutants//*Environmental Science and Pollution Research.* – 2013. – Vol. 20, No 12. – P. 8472-8483.
12. Jones S., Bardos R.P., Kidd P.S., Mench M., de Leij F., Hutchings T., Cundy A., Menger P. Biochar and compost amendments enhance copper immobilisation and support plant growth in contaminated soils // *Journal of Environmental Management.* – 2016. – Vol. 171. – P. 101-112. doi: 10.1016/j.jenvman.2016.01.024
13. Melnichuk Yu. P. Influence of cadmium ions on cell division and plant growth. Kyiv: Naukova Dumka, 1990. – P.35-37.
14. Eldamaty H.S.E., Elbasiouny H., Elmoslemany A.M., Moneim D.A.E., Zedan A. Protective effect of wheat and barley grass against the acute toxicological effects of the concurrent administration of excessive heavy metals in drinking water on the rats liver and brain// *Applied Sciences (Switzerland).* – 2021. – Vol.11, No 11. – P.50-59.
15. Mawof A., Prasher S.O., Bayen S., Nzediegwu C., Patel R. Barley Straw Biochar and Compost Affect Heavy Metal Transport in Soil and Uptake by Potatoes Grown under Wastewater Irrigation// *Sustainability (Switzerland).*- 2022. – Vol.14, No 9. – P.56-65.
16. Titov A.F., Sherudilo E. G., Boeva N.P. Formation of plant resistance under increasing temperature stress. // *Adaptation, growth and development of plants / ed. Drozdova S. N., Titova A. F. Petrozavodsk: Karel. Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,* 1994, pp. 46-55.
17. Harrington H.M., Aim P.M. Interaction of heat and salt shock in cultured tobacco cells. // *Plant Physiol.* 1988. Vol. 88. – P. 618-625.
18. Sanal F. The effects of heavy metal exposure on phenolic compounds in Barley (*Hordeum Vulgare*) (Book Chapter)// *Hordeum vulgare: Production, Cultivation and Uses.* – 2021. – P. 139-162.

19. Yang X., Feng Y., He Z., Stoffella P.J. Molecular mechanisms of heavy metal hyperaccumulation and phytoremediation // *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. -2005.-Vol. 18, No 4. -P. 339-353. doi: 10.1016/j.jtemb.2005.02.007
20. Tozser D., Magura T., Simon E. Heavy metal uptake by plant parts of willow species: A meta-analysis // *Journal of Hazardous Materials*. – 2017. – Vol. 336. – P. 101-109. doi: 10.1016/j.jhazmat.2017.03.068
21. Liu J.J., Wei Z., Li J.H. Effects of copper on leaf membrane structure and root activity of maize seedling // *Bot. Stud.* – 2014. – Vol. 55. – P. 41-47.
22. Rai P.K., Lee S.S., Zhang M., Tsang Y.F., Kim K.H. Heavy metals in food crops: health risks, fate, mechanisms and management // *Environ. Int.* – 2019. Vol. 125. – P. 365-385.
23. Mohammad J.K., Muhammad T., Khalid K. Effect of organic and inorganic amendments on the heavy metal content of soil and wheat crop irrigated with wastewater // *Sarhad J. Agric.* – 2013. Vol. 29. – P. 145-152.
24. Rizvi A., Ahmed B., Zaidi A., Khan M.S. Heavy metal mediated phytotoxic impact on winter wheat: oxidative stress and microbial management of toxicity by *Bacillus subtilis* // *BM2, RSC Adv.* – 2019. – Vol. 9. – P. 6125-6142.
25. Pegah M.D., Sharif-Zadeh F., Janmohammadi M. Influence of priming techniques on seed germination behavior of maize inbred lines (*Zea mays* L.). // *ARPN J. Agric. and Biol. Sci.*, №3, 2008. – P. 22-25.
26. Singh S., Parihar P., Singh R., Singh V.P., Prasad S.M. Heavy metal tolerance in plants: role of transcriptomics, proteomics, metabolomics, and ionomics // *Front. Plant Sci.* – 2015. – Vol. 6. – P. 1143.