

ӘОЖ 633.1

А.Қ. Сағынова\*, Ф.З. Замырбек, А.С. Нурмаханова, С.Д. Атабаева, С.С. Кенжебаева  
 Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.  
 \*E-mail: altyn-ai91@bk.ru

### **Кадмий иондарының және тұзды жағдайлардың арпа (*Hordeum vulgare L.*) өсімдігінің фотосинтездік пигменттер мөлшеріне жеке және бірлескен әсері**

Бұл мақалада арпаның 7 сорты (Арна, Бастама, Одесская-100, Илек-42, Асем, Инкар, Сәуле) алынды, оларға кадмий иондарының және тұзды жағдайлардың өсу параметрлері және биомассасына жеке және бірлескен әсері зерттелді. Зерттеу барысында арпа сорттарының ішінен кадмий иондарының және тұзды жағдайлардың бірлескен әсеріне төзімді және төзімсіз сорттар сұрыпталды. Биомасса бойынша төзімді деп танылған Асем және Сәуле сорттарына, төзімсіз – Одесская-100 сортына кадмий иондарының және тұзды жағдайлардың фотосинтездік пигменттер мөлшеріне әсері зерттелді. Арпа сорттарының кадмий иондарының және тұзды жағдайлардың жеке және бірлескен әсерінде хлорофилл және каротиноид мөлшерлері өлшенді. Стрессорлардың әсерлерінен пигменттер мөлшерінің азаюына қарай төзімді және төзімсіз арпа сорттары сұрыпталды.

**Түйін сөздер:** кадмий, тұзды жағдай, хлорофилл, каротиноид, фотосинтез.

A.K. Sagynova, F.Z. Zamyrbek, A.A. Nurmahanova, S.D. Atabaeva, S.S. Kenzhebaeva  
**Separate and combined effect of cadmium and salinity on growth and photosynthetic pigments content in barley cultivars (*Hordeum vulgare L.*)**

It was studied the combined effect cadmium and salinity on growth and content of photosynthetic pigments ( chl.a, chl.b, carotenoids ) of different barley varieties (Arna, Bastama, Odesskaya-100, Asem, Ilek-42, Inkar, Saule) . It was shownt the inhibition of growth and decrease of photosynthetic pigments of barley cultivars under cadmium and salinity stress . It was identified tolerant and sensitive barley varities.

**Keywords:** cadmium, salinity, chlorophyll, carotenoid, photosynthesis.

А.К.Сагинова, Ф.З. Замырбек, А.С. Нурмаханова, С.Д. Атабаева, С.С.Кенжебаева  
**Раздельное и совместное действие ионов кадмия и засоления на содержание фотосинтетических пигментов у сортов ячменя (*Hordeum vulgare L.*)**

Исследовано раздельное и совместное действие ионов кадмия и засоления на ростовые параметры и содержание фотосинтетических пигментов различных сортов ячменя (Арна, Бастама, Одесская-100, Асем, Илек-42, Инкар, Сауле). Ионы кадмия и NaCl ингибировали рост растений и снижали содержание фотосинтетических пигментов (хл.а, хл.б, каротиноиды). По результатам исследования были отобраны устойчивые и чувствительные сорта по ростовым параметрам и изменению содержания пигментов к действию кадмия и засоления.

**Ключевые слова:** кадмий, засоление, хлорофилл, каротиноид, фотосинтез.

Қазір еліміздің көптеген аймақтары өндіріс қалдықтарымен ластануда. Қазіргі уақытта қоршаған ортамыздың ауыр металдармен ластану деңгейі жылдан-жылға жоғарылауда, сонымен бірге топырақтың тұздану көрсеткіші артуда [1].

Кадмийдің өсімдіктердегі улы әсерінің алғашқы белгілері болып, өсімдіктің өсуінің баяулауы, биомасса жинауының кемуі, хлороз түсімнің азаюы және тағы басқа физиологиялық процестер жатады. Өсімдіктің өсуінің тежелуі метаболизм процесінің бұзылуына және

металдың тікелей өсуге әсеріне байланысты болады [2].

Тұздардың жоғары концентрациялары өсімдіктің өсуін тежейді. Кейбір зерттеушілер өсімдіктердің өсуінің баяулауының себебі тұздың зақымдайтын әсерінен емес, оның себебі адаптациялық гормондардың жауаптарымен байланысты [3]. Қазіргі таңда ғылыми және практикалық қызығушылық өсімдіктердің табиғи және антропогендік факторлардың комплекстік әсерлерге адаптациясын туғызып отыр.

Мысалы, жер шарының 20 % алып жатқан жоғары тұздану және ауыр металдардың жоғары концентрациясы [4].

Ауыр металдардың мөлшерінің артықшылығы кезінде хлорофилл молекуласындағы пироль сақинасын байланыстыратын орталық атом  $Mg^{2+}$  орнына ауыр металдың тиісінше атомына ауысқан (Cd, Zn, Cu, Pb). Бұл орын ауыстырулар пигменттік аппараттағы жарық жинағыш комплекстің зақымдалуына әкелген. Кадмийдің әсерінен  $Ca^{2+}$  иондары  $Cd^{2+}$  иондарымен алма-сып, фотосинтездегі электрондардың тасымалдануы, тилакоид мембраналарындағы фосфолипид қабаты бұзылған [5]. Хлорофилл мен каротиноидтар жапырақтағы фотосинтездік аппараттың негізгі компоненттері болып табылады. Пигменттердің мөлшері өсімдіктің өніп-өскен жеріне де байланысты болады. Сөйтіп, осы екі стресс фактордың біріккен әсері бидай, арпа сорттарында және басқа да өсімдіктерде фотосинтезді басады, хлорофилл мөлшерін өсімдіктің дамуы мен өсуін, биомассасының жинақталуын төмендетеді [6].

Осы мақсатпен біздің зерттеу жұмысымыздың негізгі мақсаты кадмий иондарының және тұзды жағдайлардың арпаның әртүрлі сорттарының фотосинтездік пигменттер мөлшеріне жеке және бірлескен әсерін анықтау болып табылады. Зерттеу жұмысының нәтижесінде кадмий иондары мен тұзды жағдайларға аса төзімді арпа сорттары анықталады және осы арпа сорттарының стрестік факторлар әсерінен пигмент мөлшерлерінің азаю деңгейлері анықталады.

### Зерттеу материалдары және әдістері

#### Зерттеу материалдары

Зерттеу объектілері ретінде арпаның Арна, Бастама, Одесская-100, Илек-42, Асем, Инкар, Сәуле сорттарының 7 күндік өскіндері пайдаланылды.

#### Зерттеу әдістері

Арпа сорттарының биометриялық параметрлеріне талдау жасау. Ең алдымен, арпаның 7 түрлі сортын алып,  $KMnO_4$  әлсіз ерітіндісімен 10 минут өңделді. Өңделген арпа дәндерін дистильденген суда 4 күнге өнуге қойылып, 5-ші күні келесі нұсқалар бойынша ерітінділерге отырғызылды: бақылау;  $NaCl-50$  мМ;  $CdSO_4 - 0,15$  мМ;  $50$  мМ  $NaCl + 0,15$  мМ  $CdSO_4$ . Осы

ерітінділерде 7 күн өсіріп, өсіп шыққан арпа өсімдігіне скрининг жүргізілді және сабағы мен тамырында биомасса жинақталуы анықталады. Арпа өсімдігінің әрқайсысының сабағының және тамырының ұзындықтарын және биомассасын анықтау үшін сабағы мен тамырының ылғал және құрғақ күйдегі салмақтары өлшенеді. Құрғақ салмағын өлшеу үшін 3 сағатқа  $105^{\circ}C$  термостатқа өсімдік мүшелері қойылады.

Фотосинтездік пигменттердің мөлшерін сандық әдіспен анықтау. Арпа өсімдіктерінің жапырағын 0,1 г алып, фарфор келісінде майдалап, ерітіндіні 85% ацетон ерітіндісінде пигменттердің мөлшерін спектрофотометр арқылы анықтайды. Спектрофотометрде экстракттың оптикалық тығыздығы хлорофиллдің сіңіретін қызыл спектрдегі *a* мен *b* толқын ұзындықтарына каротиноидтар сіңіретін максимум толқын ұзындықтарына сәйкес, үш түрлі толқын ұзындығында өлшенеді (663 нм, 644 нм, 452,5 нм). Пигменттердің концентрациясын төмендегі теңдеулермен есептейді: 85% ацетон ерітіндісі үшін (Реббелен бойынша):  $S_{хл.а} = 10,3 D_{663} - 0,918 D_{644}$ ;  $S_{хл.б} = 19,7 D_{644} - 3,87 D_{663}$ ;  $S_{хл.а} + хл.б = 6,4 D_{663} - 18,8 D_{644}$ ;  $S_{кар} = 4,75 D_{452,5} - 0,226 S_{хл.а} + хл.б$ , мұндағы,  $S_{хл.а}$ ,  $S_{хл.б}$ ,  $S_{хл.а} + хл.б$ ,  $S_{кар}$  – сәйкесінше хлорофилл *a*, *b* мен олардың жалпы мөлшері және каротиноид концентрациялары, мг/л; *D* – толқын ұзындықтарға сәйкес тәжірбиелік оптикалық тығыздықтар [7].

### Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

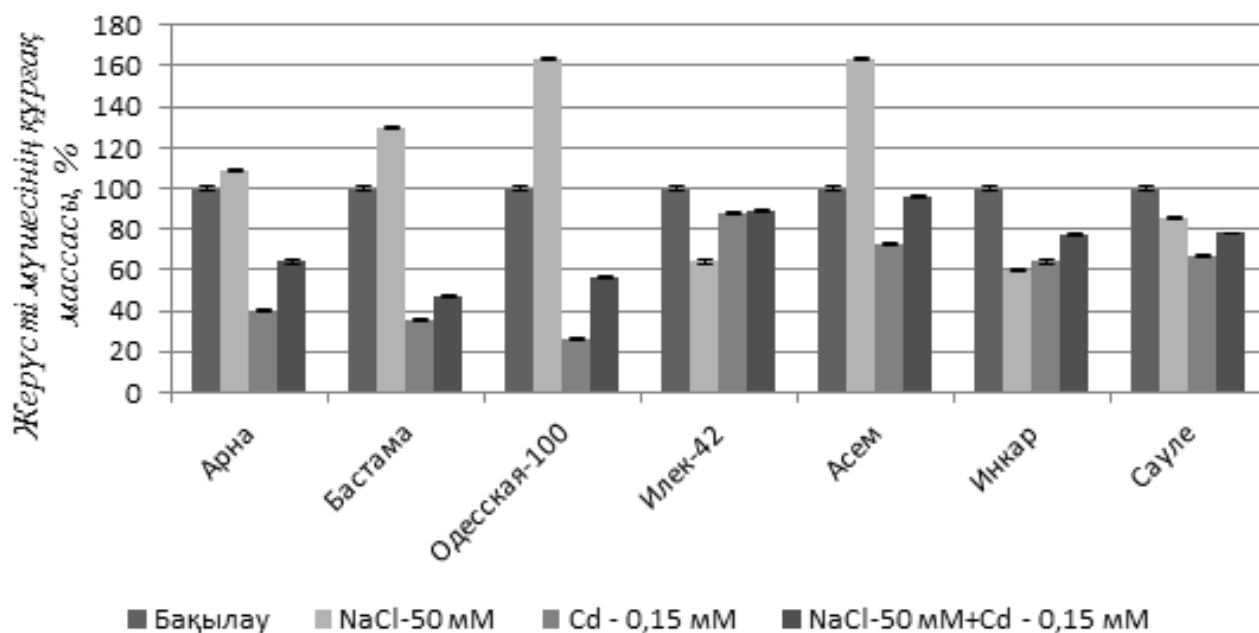
Кадмий иондарының және тұзды жағдайдың арпа өсімдігінің өсу параметрлеріне бірлескен әсері.

Тұзды жағдай ( $NaCl - 50$  мМ) мен кадмийдің ( $0,15$  мМ) бірлескен әсері жерүсті мүше мен тамырдың өсуіне кері әсер еткені байқалды. Сәуле мен Инкар сорттарында жер үсті мүшелерінің өсуі қолайсыз жағдайға аз ұшырағандығы (өсу параметрлері мен биомассасы бойынша) байқалды. Ал Арна және Одесская-100 сорттары төзімділік көрсеткіші бойынша тізімнің соңғы қатарына орналасты. Жер үсті мүшесінің өсу ұзындықтары бойынша төзімділік қатары: Сәуле (77%) > Инкар (71%) > Әсем (64%) > Бастама (58%) > Илек-42 (55%) > Арна (54%) > Одесская-100 (42%)

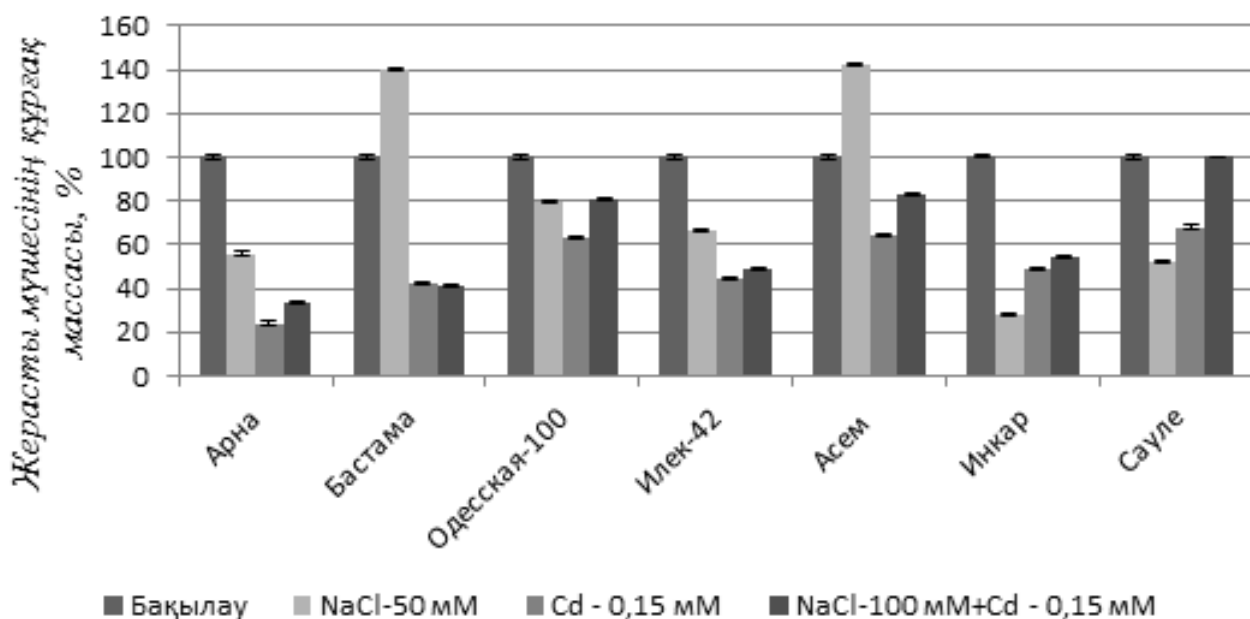
Жерүсті мүшелерінің биомассасы бойынша төзімділік қатары былайша жіктеледі: Әсем

(96%) > Илек-42 (89%) > Сәуле (78%) > Инкар (77%) > Арна (64%) > Одесская-100 (56%) > Бастама (47%) (сурет 1). Кейбір түрлерде тамыр ұзындығының көрсеткіші бақылаудан асып түсті. Одесская-100, Әсем және Сәуле сорттарының тамыр ұзындықтары сәйкесінше бақылаудан 33, 24, 21%-ға жоғары болды. Тамырының өсу

ұзындықтары бойынша сорттар төменгі кезекте орналасты: Одесская-100 (133%) > Әсем (124%) > Сәуле (121%) > Инкар (87%) > Илек-42 (52%) > Бастама (49%) > Арна (45%); тамырының биомассасы бойынша – Сәуле (100%) > Әсем (83%) > Одесская-100 (81%) > Инкар (54%) > Илек-42 (49%) > Бастама (41%) > Арна (33%) (2-сурет).



1-сурет – Кадмий мен NaCl-дың 7 күндік арпа өскіндерінің жерүсті мүшесінің биомассасына бірлескен әсері



2-сурет – Кадмий мен NaCl-дың 7 күндік арпа өскіндерінің тамыр мүшесінің биомассасына бірлескен әсері

Осылайша, арпаның жерүсті және тамырының өсуіне, биомассасының жиналуына кадмий мен тұзды жағдайдың бірлескен әсері кері болды. Атап айту керек, кадмий мен тұзды жағдайдың бірлескен әсері кадмийдің жеке жағдайдағы барлық параметрлерде байқалатын кері әсерін азайтқан. Бірақ кейбір сорттарда кадмий ионының ингибирлеуші эффектісі тамыр ұзындықтарында жойылмай, керісінше күшейіп кеткен.

Мысалы, Арна, Бастама, Илек-42 сорттарының тамырының ұзындығына кадмийдің жеке және бірлескен әсерін бақылағанда пайыздық мөлшерімен төмендеген болды (Cd+NaCl): 83/45; 81/49; 65/51). Сәуле, Әсем сорттары кадмий мен тұзды жағдайдың бірлескен әсеріне анағұрлым төзімдірек болса, ал Бастама, Одесская-100 сорттары сезімтал болды.

Арпа өсімдігі кадмий ионы мен тұзды жағдайдың жеке әсеріне қарағанда бірлескен әсерінің тежегіш эффектісі азын-аулақ әсер ететіндігі байқалды. Осындай әсерлерді басқа зерттеушілер күшті қорғаныс механизмінің нәтижесі ретінде түсіндіреді, яғни тұздану жағдайында протекторлық қызмет атқаратын және клетканың дегидрадациясына кері бағытталған осмолиттер түзіледі [8]. Өсімдіктердің биомассасы тікелей фотосинтез қарқындылығымен байланысты. Хлорофилл мөлшері тікелей фотосинтездің қарқындылығына әсер етеді. Тұздардың жоғары концентрациялары өсімдіктің өсуін тежейді [9].

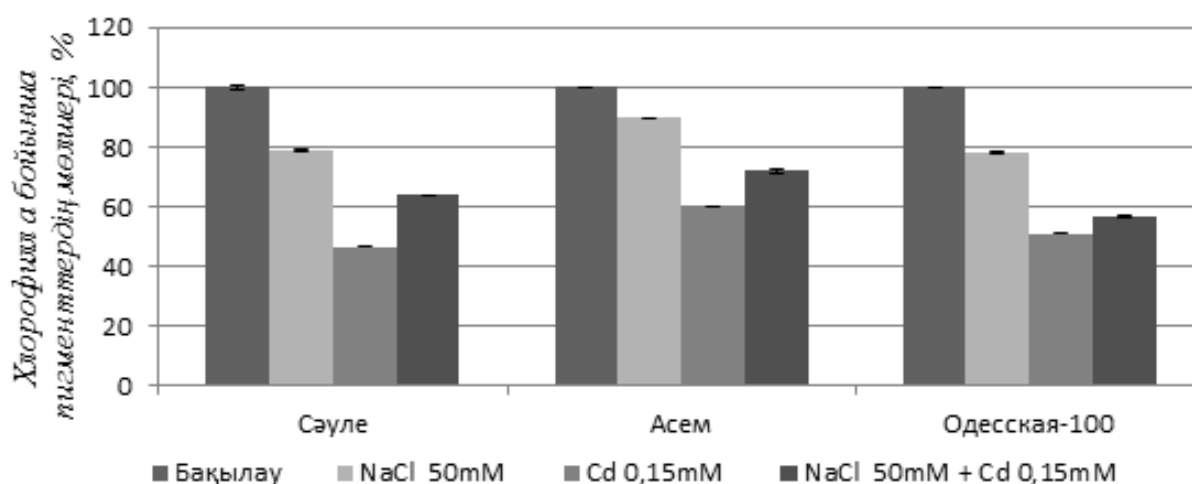
### Хлорофилл *a* мөлшеріне тұзды жағдай мен кадмий иондарының бірлескен әсері

Арпаның төзімді Сәуле және Асем, төзімсіз Одесская – 100 сорттарының құрамындағы хлорофилл *a*, хлорофилл *b* және каротиноид пигменттерінің мөлшері спектрофотометрлік әдіспен анықталды. Зерттеу нәтижесі бойынша, төзімді Әсем сортының хлорофилл *a* пигментінің мөлшері тұзды жағдайда (NaCl-50 мМ) 10%-ға азайды, ал сезімтал Одесская-100 сортында хлорофилл *a* мөлшері 22%-ға төмендеді: Әсем (90%) > Сәуле (79%) > Одесская – 100 (78%).

Арпа сорттарының пигменттерінің мөлшері кадмий ионының әсеріне тәуелді өзгеруін қарастырсақ, хлорофилл *a* пигментінің мөлшері (Cd-0,15 мМ концентрацияда) Әсем сортында 40%-ға, Одесская-100 сортында 49%-ға, Сәуле сортында 53%-ға төмендеді: Әсем (60%) > Одесская – 100 (51%) > Сәуле (47%).

Зерттеу барысында кадмий иондары мен тұзды жағдайдың бірлескен әсерінде хлорофилл *a* пигментінің мөлшері Әсем сортында 28%-ға төмендеп, басқа сорттарға қарағанда төзімділік көрсетті. Оны келесі қатардан көруге болады: Әсем (72%) > Сәуле (64%) > Одесская-100 (57%).

Сонымен, хлорофилл *a* пигментінің мөлшері бойынша төзімділік көрсеткен Әсем сортында жоғары болды (3-сурет).

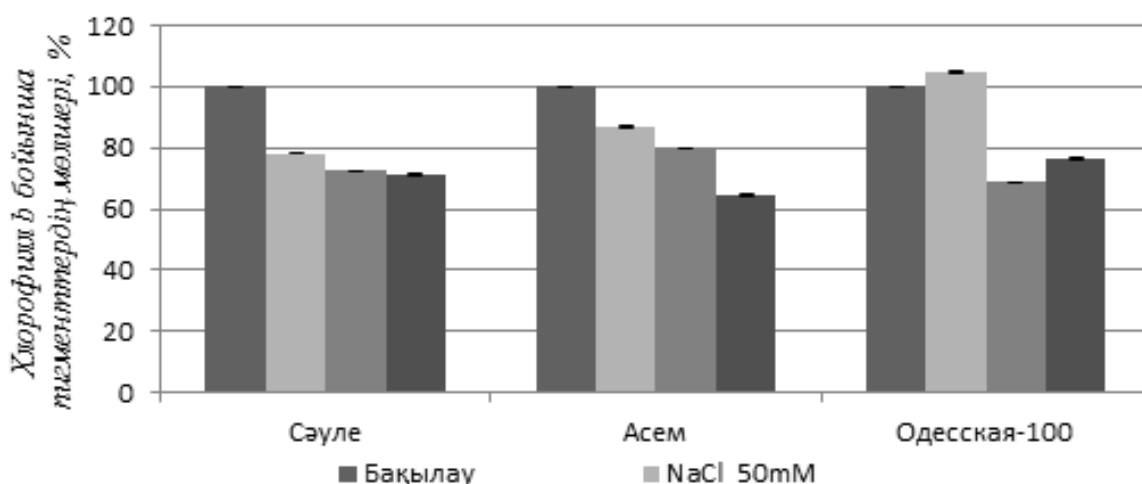


3-сурет – Арпа сорттарының хлорофилл *a* пигменттеріне тұз бен кадмий иондарының жеке және бірлескен әсері

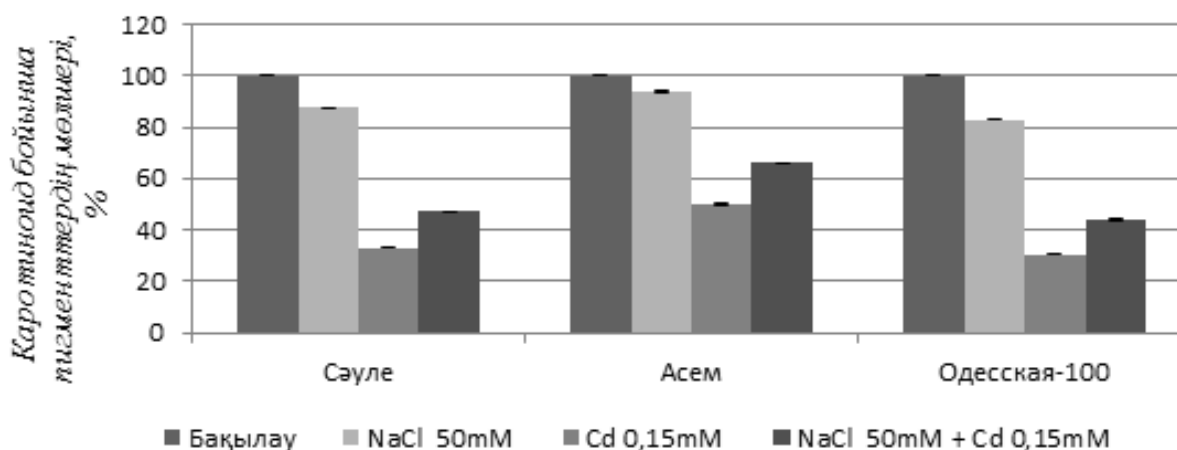
**Хлорофилл *b* мөлшеріне тұзды жағдай мен кадмий иондарының бірлескен әсері**

Тұзды жағдайда (NaCl – 50mM) Одесская-100 сортының хлорофилл *b* пигментінің мөлшері бақылаумен салыстырғанда 5%-ға жоғарылады. Ал Әсем сортында хлорофилл *b* мөлшері 23%-ға азайды. Оны мына қатардан байқауға болады: Одесская-100 (105%) > Әсем (87%) > Сәуле (78%). Зерттеу нәтижесі бойынша, хлорофилл *b*

пигменттерінің мөлшері кадмий иондарымен (0,15 mM Cd концентрациясы) әсер еткенде Әсем сорты 20%-ға, ал Одесская-100 сорты 31%-ға төмендеді: Әсем (80%) > Сәуле (72%) > Одесская-100 (69%). Хлорофилл *b* пигменттерінің мөлшері кадмий иондары мен тұзды жағдайдың бірлескен әсерінде (50 mM NaCl + 0,15 mM Cd) Одесская-100 сортында 24%-ға, Әсем сортында 35%-ға азайды. Яғни, Одесская-100 (76%) > Сәуле (71%) > Әсем (65%).



4-сурет – Арпа сорттарының хлорофилл *b* пигменттеріне тұз бен кадмий иондарының жеке және бірлескен әсері



5-сурет – Арпа сорттарының каротиноид пигменттеріне тұз бен кадмий иондарының жеке және бірлескен әсері

Сонымен, хлорофилл *b* пигменттерінің мөлшері тұзды жағдай мен кадмий иондарының бірлескен әсерінде Әсем сорты қалған екі сортқа қарағанда сезімталдық көрсетті (4-сурет).

Кадмий мен тұзды жағдайдың бірлескен

әсерінде хлорофилл *a*-ның жинақталуы хлорофилл *b*-мен каротиноидтардың жинақталуымен салыстырмалы түрде жоғары мөлшерде тежелетіндігі анықталды. Соған сәйкес өсімдіктің өсуі мен дамуы тежеледі. Алынған нәтижелер

әдебиеттегі берілген зерттеулердің нәтижелерімен сәйкес келеді [7].

### Каротиноид мөлшеріне тұзды жағдай мен кадмий иондарының бірлескен әсері

Арпа өсімдігінің каротиноид пигменттерінің мөлшерін анықтау нәтижесі бойынша тұзды жағдайда (50 мМ NaCl концентрациясы) Әсем сорты 7%-ға, ал Одесская-100 сорты 17%-ға азайды: Әсем (93%) > Сәуле (87%) > Одесская-100 (83%). Арпа сорттарының каротиноид пигменттерінің мөлшері кадмий иондарының (0,15 мМ Cd) әсерінен әртүрлі болды. Әсем сортында 50%-ға, ал Одесская-100 сортында 70%-ға төмендеді: Әсем (50%) > Сәуле (33%) > Одесская-100 (30%). Каротиноид пигменттерінің мөлшері тұзды жағдай мен кадмий ионының бірлескен әсерінде (50 мМ NaCl + 0,15 мМ Cd) Әсем сортында 34%-ға, Сәуле сортында 53%-ға, ал Одесская-100 сортында 56%-ға төменді көрсетті: Әсем (66%) > Сәуле (47%) > Одесская-100 (44%) (сурет 5).

Каротиноидтардың фотосинтезге қатынасудан басқа да қызметтері бар. Біріншіден, каротиноидтар хлорофилдерді өз-өзінен тотығуынан сақтайды, екіншіден, қосымша пигменттер ретінде жарықты сіңіруге қатысады [10]. Каротиноидтардың мөлшерінің артуы металл иондарын залалсыздандыруға бағытталған қорғаныс қызметімен түсіндіріледі [11]. Сөйтіп, каротиноид пигменттерінің мөлшері Әсем сортында жоғары, ал Одесская-100 сортында төмен көрсеткіш көрсетті.

### Қорытынды

Арпа сорттарының тұздану, кадмий иондарының, сонымен бірге тұзды жағдай мен

зерттеліп отырған кадмийдің бірлескен әсеріне төзімділігі бойынша өсу көрсеткіштерінің скринингі жасалды. Арпаның төзімді және сезімтал сорттары анықталды. Сөйтіп, кадмий иондары мен тұзданудың бірлескен әсері арпа өсімдігінің тамыры мен жер үсті мүшелерінің өсуі және биомасса жинақталуын тежеді. Ескере кететін жайт, осы стрессорлардың бірлескен әсері барлық зерттелетін көрсеткіштер бойынша тамыр мен жерүсті мүшелерде биомасса жинақталуына кадмийдің зиянды әсерін төмендетті. Зерттеу нәтижелері NaCl, кадмий иондары жеке және бірлескен әсері кезінде арпа сорттарының жерүсті мүшелері мен тамыр биомассасы мен өсуін тежегендігін көрсетті. Сәуле және Әсем сорттары зерттеліп отырған стрессорлар әсеріне жоғары төзімділік, ал Бастама, Одесская-100 сорттары сезімталдық көрсетті. Орташа төзімді сорттарға Илек-42, Инкар және Арна жатқызылды. Осындай әсерлерді басқа зерттеушілер күшті қорғаныс механизмінің нәтижесі ретінде түсіндіреді, яғни тұздану жағдайында протекторлық қызмет атқаратын және клетканың дегидратациясына кері бағытталған осмолиттер түзіледі.

Кадмий иондары мен тұзды жағдайлардың арпа сорттарының фотосинтездік пигменттер мөлшеріне әсері зерттеле келе, мынадай қорытынды шығаруға болады: хлорофилл а пигментінің мөлшері бойынша кадмий иондары мен тұзды жағдайдың бірлескен әсерінде Әсем сорты ең төзімді болды, ал Одесская-100 сорты сезімтал болып шықты. Хлорофилл b пигментінің мөлшері бойынша Одесская-100 сортында жоғары болды. Каротиноид мөлшері бойынша Әсем сорты 66% ғана төмендеп, төзімділік көрсетті. Сонымен, биомасса бойынша төзімділік көрсеткен Әсем сорты басқа сорттарға қарағанда төзімді болды.

### Әдебиеттер

- 1 Школьник М.Я. Значение микроэлементов в жизни растений и в земледелии. – АН СССР, 1950.-С. 43-44.
- 2 Keller C. Application of centrifuging to heavy metal studies in soil solutions // Commum. Soli Sci. Plant Anal. – 1995. – Vol.26. – P. 1621-1636.
- 3 Иванов Ю.В., Карташов А.В., Савочкин Ю.В. Устойчивость всходов к солевому стрессу // Лесной вестник. 2010. №3(72). – С. 119–122.
- 4 Ueda J., Shimazu Y., Ozawa T. Oxidative damage induced by Cu(II)- oligopeptide complexes and hydrogen peroxide // Biochem. Mol. Biol. Int. – 1994. – 34. – P. 801-808.
- 5 Удиванкин А.В. Влияние тяжелых металлов и их смесей на содержание белков и фотосинтетических пигментов в побегах кресс-салата // Вестник СамГУ. Естественнонаучная серия. – 2006. – №7. – С.232-235.

- 6 Kholodova V.P., Neto D.S., Meshcheryakov A.B. et al. Can stress-induced CAM provide for performing the developmental program in *Mesembryanthemum crystallinum* plants? // *Russian J. Plant Physiol.* – 2002. – №49. – P. 367-384
- 7 Атабаева С.Д., Сарсенбаева Б.А. Физиолого-биохимические основы металлоустойчивости растений: Монография.- Алматы: ТОО «TST-company», 2010. – С. 21-68.
- 8 Ashraf M. Breeding for Salinity Tolerance in Plants // *Crit. Rev. Plant Sci.* 1994. – V. 13. – P. 17-42.
- 9 Ueda J., Shimazu Y., Ozawa T. Oxidative damage induced by Cu(II)- oligopeptide complexes and hydrogen peroxide // *Biochem. Mol. Biol. Int.* — 1994. -34. – P. 801 – 808.
- 10 Қалекенұлы Ж. Өсімдіктер физиологиясы. – А., 2004. – Б. 113.
- 11 Мецлер Д. Биохимия. Химические реакции в живой клетке. – М.: Мир, 1980 – Т.1. – С. 407.

#### References

- 1 Shkolnik M.Y. Importance of microelements in life of plant and in husbandry. – AS USSR, 1950.-P. 43-44.
- 2 Keller C. Application of centrifuging to heavy metal studies in soil solutions // *Commum. Soli Sci. Plant Anal.* – 1995.-Vol.26.- P. 1621-1636.
- 3 Ivanov U.V., Kartashov A.V., Savochkin U.V. Seedling resistance to salt stress // *Lesnoy vestnik.* – 2010 – . № 3(72). – P. 119 – 122.
- 4 Ueda J., Shimazu Y., Ozawa T. Oxidative damage induced by Cu(II)- oligopeptide complexes and hydrogen peroxide // *Biochem. Mol. Biol. Int.* – 1994. -34. – P. 801 – 808.
- 5 Udivankin A.V. Heavy impact of metals and metal mixtures on protein content and photosynthetic pigments in the shoots of watercress // *Vestnik SamGU. Yestestvennonauchnayaseriya.* – 2006. – №7. – С.232-235.
- 6 Kholodova V.P., Neto D.S., Meshcheryakov A.B. et al. Can stress-induced CAM provide for performing the developmental program in *Mesembryanthemum crystallinum* plants? // *Russian J. Plant Physiol.* – 2002. -№49. -P. 367-384
- 7 Atabayeva S.D., Sarsenbayeva B.A. Physiological – biochemical bases of metal tolerants of plants. Monograph. – Almaty: «TST-company», 2010. – P. 21-68.
- 8 Ashraf M. Breeding for Salinity Tolerance in Plants // *Crit. Rev. Plant Sci.* – 1994 .- V. 13. – P. 17 – 42.
- 9 Ueda J., Shimazu Y., Ozawa T. Oxidative damage induced by Cu(II)- oligopeptide complexes and hydrogen peroxide // *Biochem. Mol. Biol. Int.* – 1994. -34. – P. 801 – 808.
- 10 Kalekenuly Z. Physiology of plants. – А., 2004. – P. 113.
- 11 Mesler D. Biochemistry. Chemical reactions in alive cell. – М.: World, 1980 – Vol.1. – P. 407.