

<sup>1</sup>Бигалиев А.Б.,  
<sup>2</sup>Байсеитова Н.М.,  
<sup>2</sup>Шаушеков Т.Ш.,  
<sup>1</sup>Қожахметова А.Н.,  
<sup>1</sup>Джиенбеков А.К.

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

<sup>2</sup>Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік педагогикалық институты, Қазақстан, Шымкент қ.

**Ауыр металдар қосылыстарының биологиялық активті заттар ретінде өсімдіктердің дамуына әсері**

<sup>1</sup>Bigaliev A.B.,  
<sup>2</sup>Bayseitova N.M.,  
<sup>2</sup>Chauchecov T.Ch.,  
<sup>1</sup>Kozhakhmetova A.N.,  
<sup>1</sup>Dzhienbekov A.K.

<sup>1</sup>Al Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty  
<sup>2</sup>South Kazakhstan State Pedagogical Institute, Kazakhstan, Shymkent

**Effect of heavy metal compounds on the plants development as biologically active substances**

<sup>1</sup>Бигалиев А.Б.,  
<sup>2</sup>Байсеитова Н.М.,  
<sup>2</sup>Шаушеков Т.Ш.,  
<sup>1</sup>Қожахметова А.Н.,  
<sup>1</sup>Джиенбеков А.К.

<sup>1</sup>Қазақхский национальнй университет имени аль-Фараби, Қазақстан, г. Алматы

<sup>2</sup>Южно-Қазақхстанский государственнй педагогический институт, Қазақстан, г. Шымкент

**Соединения тяжелых металлов как биологические активные вещества влияющие на развитие растений**

Мақалада түсті металлургия өндірісінің әсерінен қоршаған ортаның ластану мәселесі қарастырылады. Өндірістік ауданда өскен өсімдіктердің фенологиялық фазаларындағы ауытқулардың көрсеткіштері келтірілді. Сонымен қатар, *Hordeum leporinum* өсімдігінің табиғи популяциясына ауыр металл қосылыстарының кешенді әсерінің мутациялық активтілігі берілген. Шымкент қаласының түсті металлургия өндірісінің ауданында өскен өсімдіктердің хромосомаларында геномды мутациялардың жиілігі артқаны анықталды. Зерттеу жұмысының мақсаты – ауыр металдар қосылыстарының қала территориясында өсетін кейбір өсімдіктердің фенологиялық даму фазаларына әсерін және өсімдіктердің табиғи популяцияларына цитогенетикалық активтілігін зерттеу.

Түйін сөздер: ауыр металдар, кариотип, мутагенді факторлар, гипердиплоидты клеткалар, гиподиплоидты клеткалар.

The effect of color industrial enterprise pollutant on environment at work has carry out. Aims of work – to investigate by cytogenetically methods of heavy metals compounds of mutagenic activity on plants and their influence fenologically phasis developet of plants. Has obtained of fenologically phasis developet of plants, which is growing near of industrial zone. Hower, of natural population of *Hordeum leporinum* plant species has increase of heavy metals mutagenic activity. The *Hordeum leporinum* plant species has obtained of frecuency of genomic mutation from Shymkent enterprise zone. The comparatve analayzing of frecuency of aneuployd cells depend of heavy metals content in *Hordeum leporinum* plant species is showed the high level of correlation coefficient ( $r=0,94$ ). Has obtined at cells *Hordeum leporinum* plant species from Shymkent enterprise zone, which was intensive polluted of is obtined the frecuence of aneuployd cells more then controlle group. High consentration of heavy metals in plant body have resistance and transmitted by cyclinke of food safety of animals and human health. At reaserch results is showed the cromosome number of *Hordeum leporinum* plant species changed as mutagenic effect of heavy metals, which will be genetically risks.

Key words: heavy metals, karyotype, mutagenic factors, hyperdiploid cells, hypodiploid cells.

В статье рассмотрены вопросы влияния загрязнителей производства цветной металлургии на окружающую среду. Цель работы – исследовать цитогенетическими методами активность соединений тяжелых металлов и их влияние на развитие фенологических фаз у растений. Приведены данные по изменению фенологических фаз развития у растений произрастающих в промышленной зоне. Вместе с тем у природной популяции растения вида *Hordeum leporinum* отмечается повышение мутагенной активности под влиянием тяжелых металлов. Установлены в зоне Шымкентского свинцово-цинкового комбината у данного вида растений увеличение частоты геномных мутаций.

Ключевые слова: тяжелые металлы, кариотип, мутагенные факторы, гипердиплоидные клетки, гиподиплоидные клетки.

**АУЫР МЕТАЛДАР  
ҚОСЫЛЫСТАРЫНЫҢ  
БИОЛОГИЯЛЫҚ  
АКТИВТІ ЗАТТАР  
РЕТІНДЕ  
ӨСІМДІКТЕРДІҢ  
ДАМУЫНА ӘСЕРІ**

Кіріспе

Ауыр металдардың қоршаған орта объектілерінде жиналуы мен тірі организмдерге әсерін зерттеу қазіргі кездегі өзекті мәселелердің бірі. Түсті металлургия өндірісінен қоршаған ортаға бірқатар зиянды қалдықтар бөлінетіні белгілі. Осындай өндіріс алыптарының бірі — Шымкент қаласында орналасқан «Юж-полиметалл» ЖАҚ. Аталған қорғасын өндірісінің қалдықтарымен Шымкент қаласының территориясы ұзақ уақыттан бері ластанғаны анықталған. Өндіріс орнынан бөлінетін негізгі ластаушы заттар – өндірістік шаң, күкірт ангидридi, көміртегі тотығы, азот тотықтары, фтор сутегі, күкіртті сутек, көмірсутектері және ауыр металдар.

Қазіргі кезде табиғи орталарда бақыланып отырған ластаушы химиялық заттардың негізгілерінің бірі – ауыр металдардың қосылыстары. Бұл бір жағынан металдардың биологиялық активтілігіне байланысты. Олардың мұндай қасиетін организмдегі клеткалармен немесе олардың компоненттерімен байланысуынан көруге болады. Әсіресе олар нуклеин қышқылдарымен, ферменттермен және белок түзуші амин қышқылдарымен активті әрекеттесіп, нәтижесінде белок денатурацияланып, клеткалар мен ұлпалардың және зат алмасу процесін реттейтін ферменттердің қызметі бұзылады [1]. Кейбір өсімдіктерде ауыр металдар жиналған жағдайда фитогормондардың, әсіресе гибберилиндер мен цитокининдердің активтілігі төмендейді. Бұл фитогормондардың активтілігінің төмендеуі меристеманың дамуын тежеуші факторлардың бірі. Қоршаған орта ауыр металдармен ластанғанда өсімдік құрамындағы қанттардың, әсіресе сахарозаның мөлшері де төмендеп кетеді. Демек, орта ауыр металдармен ластанғанда митоздың активтілігінің төмендеуіне, меристеманың генеративті даму жолына көшуіндегі маңызды жағдайға фитогормондар мен қанттардың жетіспеуі кері әсер етеді. Осылайша фитогормондар мен қанттардың жетіспеуі, жаңару бүршіктерінің меристемасының генеративті морфогенезге көшуінің шектеуші факторы болуы мүмкін [2].

Кешенді әсерді бағалау кезінде негізгі әсер етуші химиялық элементті немесе қосылысты анықтап алудың мәні зор. Улылы-

ғы тұрғысынан қоршаған ортаға, дәлірек айтсақ тірі организмдерге жоғары концентрациясы қауіпті болып есептелетін қорғасын, кадмий, мыс, мырыш элементтерінің қосылыстары. Қорғасынның артық мөлшері өсімдік организміндегі тіршілік үшін маңызды процестердің қалыпты жүруіне кері әсерін тигізеді. Өсімдіктердің тұқымының дамуын, тамырдың ұзынынан өсуін, тамыр талшықтарының түзілуін тежейді. Қорғасынның артық мөлшерінен, әсіресе жас жапырақтар қатты зардап шегеді. Қорғасын изоляцияланған хлоропласттардың жарықта оттегі бөлуін тежейді. Автомобиль жолдарына жақын өскен өсімдіктердің хлоропласттарында АТФ-тің түзілуі баяу жүретіні анықталған. Сонымен қатар, олар органикалық қосылыстар сияқты трансформацияға берілмейді, биохимиялық айналымға түскенде ұзақ сақталады [3]. Үздіксіз әсер етуші химиялық заттардың аз мөлшерінің өзі өсімдіктер, жануарлар және адам организмінде канцерогенді әсер етеді. Көптеген ауыр металдар, олардың ішінде қорғасын, кадмий, хром, никель улы заттардың қатарына жататыны белгілі. Олар тірі организмдерде жинақталып, ұзақ уақыт бойы сақтала алады және аккумуляцияланған у ретінде әсер етеді [4]. Металдар генетикалық өзгерістердің кең спектрінің түзілуіне себепкер. Бір металл клетканы бірнеше жерден зақымдай алады. Мысалы, кадмий ДНҚ молекуласын зақымдауға, лизосомаларды бұзуға, ДНҚ репарациясын тежеуге қабілетті. Қорғасын ДНҚ репликациясы ферменттерінің синтезін бұзады, ДНҚ-ның құрылымын өзгертеді [5]. Ауыр металдардың тұздары өсімдік клеткаларында хромосомаларды үзеді, яғни структуралық құрылымына әсер етеді. Алюминий, кадмий, теллур, т.б. ауыр металдар жануарлар мен өсімдіктердің клеткаларында хромосомалық және генетикалық мутациялардың кең спектрін құрайтыны туралы көптеген мәліметтер бар. Ауыр металдардың мутагенді эффектілігі хромосомалардың бүтіндігін сақтайтын және қайта қалпына келтіретін белок синтезінің өзгеруіне байланысты. Бөліну кезеңіндегі клеткаларда хромосомалық аберрациялардың жиілігі 2 есе артады.

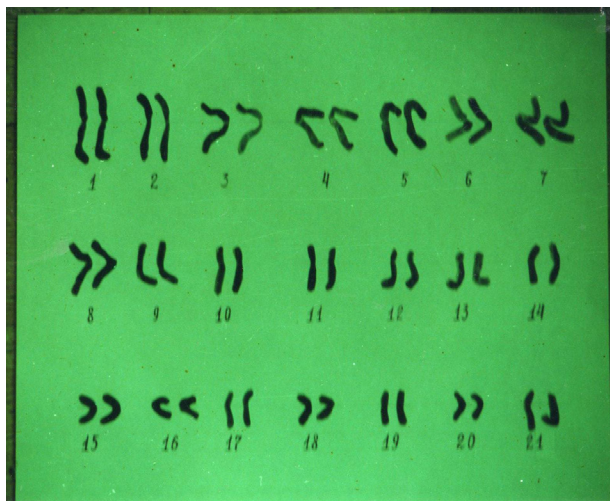
### Зерттеу материалдары мен әдістемесі

Зерттеуге алынған өсімдік түрлері: шетен жапырақты үйеңкі (*Acer nequundo*), қара терек (*Populus nigra*), қарағаш (*Ulmus pumila*),

ақ акация (*Robinia pseudoacacia*), вавилон талы (*Salix babylonica*), қоян арпа (*Hordeum liporinum*), ланцет жапырақты жолжелкен (*Plantago lanceolata*), шалғындық қоңыраубас (*Poa protensis*) өсімдіктері. Аталған өсімдіктер Шымкент қаласының территориясында және Оңтүстік-Қазақстан облысында кең таралған. Зерттеу жұмыстары Н. Бейдеманның өсімдіктердің фенологиялық фазаларының өту барысын анықтау әдісімен, ал өсімдіктердің хромосома жиынтығына ауыр металдардың кешенді әсерін анықтау цитогенетикалық зерттеу әдісі бойынша жүргізілді.

### Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

Зерттеу жүргізу үшін қала территориясынан 4 зерттеу орындары белгіленді: 1-зерттеу орны – өндірістік аймақ («Южполиметалл ӨК АҚ» территориясы), 2-зерттеу орны – өндірістен қаланың шығыс бағытына қарай 3 км қашықтықтағы «Химия фармацевтика» АҚ өндірісінің ауданы, 3-зерттеу орны – Орталық саябақ алаңы, 4-зерттеу орны – «Шығыс» микро-ауданы. Бақылау әр үш күн сайын, ал бүршіктену, гүлдеу фазаларында одан да жиі жүргізілді. Бақылау қорытындылары 1-кестеде көрсетілген. Қоян арпа (*Hordeum leporinum*) өсімдігінің анеуплоидты клеткаларының жиілігі 2-кестеде келтірілген. Зерттеу нәтижелері бойынша *Hordeum leporinum* өсімдігінің кариотипі берілді (1-сурет).



1-сурет – Қоян арпа (*Hordeum leporinum*) өсімдігінің хромосомалар жиынтығы

1-кесте – Өсімдіктердің даму фазаларының басталу мерзіміндегі ауытқулар (тәулік бойынша)

Өсімдіктің түрі	Бүршіктенуі		Гүл қауызының түзілуі немесе масақтану фазасы		Гүлдеу фазасы		Жеміс түзу фазасы		Вегетацияның аяқталу фазасы		Вегетация кезеңінің ұзақтығы	
	1-зерттеу орны	2-зерттеу орны	1-зерттеу орны	2-зерттеу орны	1-зерттеу орны	2-зерттеу орны	1-зерттеу орны	2-зерттеу орны	1-зерттеу орны	2-зерттеу орны	1-зерттеу орны	2-зерттеу орны
Ш.ж.үйеңкі ( <i>Acer nedundo</i> )	-4	-3	-4	-3	-7	-5	-10	-7	+7	+5	-10	-6
Қара терек ( <i>Populus nigra</i> )	-12	-6	-10	-5	-11	-7	-13	-8	+5	+3	-9	-5
Қарағаш ( <i>Ulmus pumila</i> )	-3	-2	-3	-2	-5	-2	-6	-4	+5	+3	-3	-3
Ақ акация ( <i>Robinia pseudoacacia</i> )	-3	-2	-2	-1	-3	-2	-5	-3	+8	+5	-7	-4
Вавилон талы ( <i>Salix babylonica</i> )	-5	-3	-3	-2	-7	-3	-5	-4	+6	+5	-3	-1
Қоян арпа ( <i>Hordeum liporinum</i> )	-5	-4	-4	-3	-5	-3	+4	+3	+8	+7	-4	-3
Л.ж. жолжелкен ( <i>Plantago lanceolata</i> )	-5	-3	-3	-2	-5	-4	-4	-3	+3	+5	-3	-3
Ш.қоңыраубас ( <i>Poa protensis</i> )	-4	-3	-4	-3	-5	-3	+4	+2	+9	+7	-10	-7
Ш.ж.үйеңкі ( <i>Acer nedundo</i> )	-2	-1	-2	-1	-4	-2	-5	-3	+4	+2	-3	-2
Қара терек ( <i>Populus nigra</i> )	-2	-2	-3	-1	-3	-2	-4	-1	+2	+2	-5	-3
Қарағаш ( <i>Ulmus pumila</i> )	-2	-1	-1	-1	-2	-1	-3	-2	+2	+1	-1	-1
Ақ акация ( <i>Robinia pseudoacacia</i> )	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-2	+3	+2	-1	0
Вавилон талы ( <i>Salix babylonica</i> )	-	-2	-	-2	-	-2	-	-3	-	+2	-	0
Қоян арпа ( <i>Hordeum liporinum</i> )	-2	-2	-4	-1	-2	-1	+2	+1	+5	+4	-3	-3
Л.ж. жолжелкен ( <i>Plantago lanceolata</i> )	-3	-1	-2	-1	-3	-2	-1	0	+3	+1	-2	-2
Ш.қоңыраубас ( <i>Poa protensis</i> )	-2	-1	-2	-2	-3	-2	+1	+1	+4	+1	-4	-2

### Зерттеу нәтижелерін талқылау

Зерттеу нәтижесі бойынша ауыр металдардың өсімдіктер фенофазаларының жүру ырғағын бұзып, жылжитатынын көрсетті.

Ауыр металдармен интенсивті ластанған аймақтарда, анағұрлым таза аймақтармен салыстырғанда вегетативті фаза, яғни бүршіктің жарылуы, гүл қауызының ашылуы, гүлдеу, жемістің пайда болуы бірнеше күнге кеш басталады, ал жемістің пісіп жетілуі мен төгілуі, жапырақтардың сарғаюы және төгілуі керісінше ерте басталып, ерте аяқталады. Осы орайда, ағаш өсімдіктерінің ішінде қара теректің маусымдық дамуында үлкен өзгерістер байқалды. Атап айтсақ, 1-зерттеу орнында қара теректің бүршік жаруы бақылау аймағымен салыстырғанда 12 күнге кеш басталды. Сол сияқты қауыздану фазасында гүл бүршігінің ашылуы 10 күнге, гүлдеуі 11 күнге, жемістің пайда болуы 13 күнге кеш басталды. Вегетацияның аяқталу фазасы (жапырақтардың сарғаюы) 5 күнге ерте басталған. 2, 3, 4-зерттеу орындарында қара теректің фенофазаларындағы мұндай өзгерістер айтарлықтай төмендеген.

Өндірістік аудандарда кездесетін шетен жапырақты үйеңкінің вегетативті кезеңіндегі маусымдық өзгерістері – 1-зерттеу орнында бақылау орнымен салыстырғанда бүршіктенуі 4 күнге, қауыз түзу 4 күнде, гүлдеуі 7 күнге, жемістің түзілуі 10 күнге кеш басталып отыр. Вегетацияның аяқталуы 7 күнге ерте басталған. 2-зерттеу орнында бақылау көрсеткішімен салыстырғанда, бүршіктену және қауыз түзуі 3 күнге, гүлдеуі 5 күнге, жеміс түзуі 7 күнге кеш басталған. Ал вегетацияның аяқталуы 5 күнге ерте басталып отыр. 3-зерттеу орнында вегетативті және қауыз түзу фазалары 2 күнге, гүлдеу фазасы 4 күнге, жеміс түзуі 5 күнге кеш

басталса, вегетацияның аяқталуы 4 күнге ерте басталып отыр. 4-зерттеу орнында бүршіктену мен қауыз түзу фазалары 1 күнге, гүлдеуі 2 күнге, жеміс түзуі 3 күнге кеш, ал жапырақтардың алғашқы сарғаюынан басталатын вегетацияның аяқталу фазасы 2 күнге ерте басталып отыр. Вавилон талының да фенофазалардың ауытқуы үлкен, әртүрлі зерттеу орындарында фазалар 2-7 күн аралығын қамтиды. Ал қарағаш және ақ акацияда фенофазалық ауытқулардың көрсеткіші әртүрлі фазаларда 2-8 күн аралығын көрсетті.

Шөптесін өсімдіктерде фенофазалардың ауытқуы көп мөлшерде қоян арпа мен шалғындық қоңырбаста байқалды. Қоян арпада вегетативті фазаның басталуы, яғни өскіннің пайда болуы (1-зерттеу орнында) 5 күнге, масақтану 4 күнге, гүл қауызының ашылуы 5 күнге кеш, ал сүтті жемістің пайда болуында 4 күнге, сарғаюында 8 күнге ерте ауытқудың болатыны байқалды. Басқа зерттеу орындарында бұл көрсеткіштер төмендеген. Зерттеу жұмысының міндеттерінің бірі – қоян арпа (*Hordeum terroginum*) өсімдігінің табиғи популяцияларына ауыр металдардың комплексті әсерінің цитогенетикалық активтілігін анықтау. Астық тұқымдастары ауыр металдармен көп мөлшерде ластанған территорияларда өсе алатындығы және олардың өндірістік газдардың әсеріне төзімділігі туралы әдебиеттерде келтірілген. Қоян арпа өсімдігінің кариотипін зерттей отырып, Шымкент қаласында 1-зерттеу орнында, яғни қорғасын өндірісінің ауданында және бақылау ауданында өскен өсімдіктердің тұқымдарынан цитогенетикалық ауытқулардың деңгейін анықтадық (2-кесте).

Өсімдік клеткаларына цитогенетикалық зерттеу колхициндеделген метафазалық әдіс бойынша жүргізілді.

2-кесте – Қоян арпа (*Hordeum terroginum*) өсімдігінің анеуплоидты клеткаларының жиілігі

Өсімдіктің жиналған орны	Сарап-талған мета-фазалар саны	Гипоплоидты клеткалар		Гиперплоидты клеткалар		Барлық анеуплоидты клеткалар	
		Абсолют саны	$M \pm m(\%)$	Абсолют саны	$M \pm m(\%)$	Абсолют саны	$M \pm m(\%)$
Қорғасын өндірісінің ауданы	308	19	6,2±1,22	6	1;9±0,32	25	8,1±1,51
Бақылау ауданы	312	7	2,2±0,94	3	0,96±0,57	10	3,2±0,83

Қоян арпа өсімдігінің хромосомаларының диплоидты жиынтығы  $2n=42$  тең. Зерттеу барысында хромосомалардың құрылысында құрылымдық аберрациялар анықталды. Сонымен қатар, мутациялық өзгерістің бір көрінісі — хромосомалардың сандық өзгерісі (анеуплоидия) орын алып отыр. Алынған мәліметтер бойынша, қорғасын өндірісінің ауданында өскен қоян арпа өсімдігінде анеуплоидты клеткалардың жиілігі жоғары екендігі анықталды, ол  $8,1\pm 1,51\%$  көрсетті, ал бақылау ауданында  $3,2\pm 0,83\%$  тең. Ауыр металдармен интенсивті ластанған ауданда жалпы анеуплоидты хромосомалар санының жиілігі бақылау ауданымен салыстырғанда 2,5 есе жоғары көрсеткіште. Олардың ішінде, гипоплоидты клеткалардың жиілігі қорғасын заводының территориясында өскен өсімдіктерде  $6,2\pm 1,22\%$ , ал бақылау ауданында  $2,2\pm 0,94\%$  тең. Ал гиперплоидты клеткалардың жиілігі  $1,9\pm 0,32\%$ , ал бақылау ауданында  $0,96\pm 0,57\%$  көрсетіп отыр. Бақылау ауданымен салыстырғанда гипоплоидты клеткалардың жиілігі 3 есе, ал гиперплоидты клеткалардың жиілігі 2 есе артып отыр.

## Қорытынды

Қоян арпа өсімдігіндегі ауыр металдардың мөлшері мен анеуплоидты клеткалардың жиілігіне жасалған сараптау корреляция коэффициентінің жоғары мәнін көрсетті  $r=0,94$ . Осылайша, зерттеу нәтижесі ауыр металдармен интенсивті ластанған қорғасын заводы ауданында өскен қоян арпа өсімдігі тұқымының клеткаларында анеуплоидты хромосомалардың жиілігі бақылау ауданымен салыстырғанда дәлелді артып отыр. Ауыр металдардың жоғары мөлшерінің улы әсеріне өсімдіктердің төзімділігі және олардың жоғары концентрациясын жинауы қоректік тізбекке түсуіне байланысты жануарлар мен адам денсаулығына да қауіп төндіреді. Зерттеу нәтижелері бойынша, қоян арпа өсімдігінің хромосома жиынтығындағы сандық ауытқулар мутагенді фактор болып табылатын ауыр металдардың өсімдіктердің тұқым қуалау қасиетіне генетикалық тұрғыдан қауіп төндіретінін көрсетеді.

## Әдебиеттер

- 1 Гуральчук Ж.З. (1994) Механизмы устойчивости растений к тяжелым металлам // Физиология и биохимия культ. растений. – М., 1994. – Т. 26. – № 2. ISSN 0522-9310
- 2 Зырин Н.Г. (1995) Тяжелые металлы в почвах и растениях в районе медеплавильного производства // Охрана природы и воспроизводства природных ресурсов. – М., 1995. – №6. ISSN 0202-9332 .
- 3 Минкина Т.М., Мотузова Г.В., Мирошниченко Н.Н., Фатеев А.И., Манджиева С.С., Чаплыгин В.А. (2013) Накопление и распределение тяжелых металлов в растениях зоны техногенеза // Агрохимия. – №9. – С. 65-75. ISSN PRINT: 0002-1881
- 4 Довгалюк А.И., Калиняк Т.Б., Блюм Я.Б. (2001) Цитогенетические эффекты солей токсичных металлов в клетках апикальной меристемы корней проростков *Allium cepa L.* // Цитология и генетика. – Т. 35. – № 2. ISSN 0564-3783
- 5 Позняк С.С. (2011) Содержание некоторых тяжелых металлов в растительности полевых и луговых агрофитоценозов в условиях техногенного загрязнения почвенного покрова // Вестн. Том. гос. ун-та. Биология. – № 1 (13). – С. 123-137. ISSN: 2311-2077/ISSN-L:1998-8591

## References

- 1 Guralchuk Zh.Z. (1994) Mechanisms of resistance of plants to heavy metals // Physiology and Biochemistry cultivated plants [Fiziologiya i biokhimiya kul'turnykh rasteniy] (In Russian) ISSN 0522-9310
- 2 Zyrin NG (1995) Heavy metals in soils and plants in the vicinity of the copper-smelting production // Nature conservation and restoration of natural resources [Okhrana prirody i vosproizvodstva prirodnykh resursov] (In Russian) ISSN 0202-9332 .
- 3 Minkina T.M., Motuzova G.V., Miroshnichenko N.N., Fateev A.I., Mandzhieva S.S., Chaplygin V.A. (2013) Accumulation and distribution of heavy metals in plants in the technogenesis zone, Agrochemistry [Agrokhimiya] 9:65-75. (In Russian) ISSN PRINT: 0002-1881
- 4 Dovgaluk AI Kalinyak TB, Blume YB (2001) Cytogenetic effects of toxic metal salts in the cells of the apical meristem root seedlings *Allium cepa L.* // Cytology and Genetics [Tsitologiya i genetika] 3:3-10. (In Russian) ISSN 0564-3783
- 5 Pozniak SS (2011) contents of some heavy metals in the field and meadow vegetation agrophytocenosis in the conditions of technogenic pollution of soil // Vestn. Tom. state. Univ. Biology [Vestn. Tom. gos. un-ta. Biologiya.].1:123-137. . (In Russian) ISSN: 2311-2077/ISSN-L:1998-8591