

AĞIR METALLARIN QISA XASSƏSİ, BİTKİLƏRƏ KEÇİD YOLLARI, TƏSİRLƏRİ VƏ ONLARA QARŞI MÜDAFİƏ MEXANİZMLƏRİ**A.A.PAŞAYEV**

Bu tədqiqatda ağır metalların qısa xassəsi, bitkilərə keçid yolları, təsirləri və onlara qarşı müdafiə mexanizmləri araşdırılmışdır.

Bütün metallar üçün ən xarakterik xüsusiyyət bitkilərin müxtəlif orqanlarında akkumulyasiya olmalarıdır.

Müxtəlif kimyəvi qarışıqlar, mədənlər, metallurgiya və kimya sənayesi müəssisələri, transformatorlar, avtomobillər və sənaye tullantılarının tərkibindəki ağır metallar atmosferlə və ya çirkli sənaye suları ilə ətraf mühiti çirkləndirir.

Ağır metallar yüksək konsentrasiyalarda bitkilərin böyüməsini və inkişafını yavaşdır, bir çox biokimyəvi və fizioloji reaksiyaları pozur. Onların təsiri nəticəsində fotosintez prosesinin yavaşdığı, xloroplastların strukturunun pozulduğu, xlorofil və karotinoid miqdarının azaldığı təsbit edilmişdir.

Torpaq və bitkilər müəyyən bir səviyyədə ağır metalların çirkləndirici təsirinə qarşı müdafiə xüsusiyyətinə malik olmalarına baxmayaraq müxtəlif torpaqlar və bitkilər ağır metalların çirkliliyinə qarşı eyni səviyyədə müdafiə imkanına malik deyillər. Tədqiqatın nəticələrinə əsasən, hər bir müdafiə mexanizmi həm ağır metalların nüvünə, həm də müxtəlif bitkilərin reaksiyalarına bağlı olduğundan ümumi deyil, fəridir. Bir çox halda müdafiə mexanizmlərinin az bir qismi təsirli olur. Təsirli olan mexanizmlər isə ağır metal konsentrasiyasına bağlıdır və bu mənada bir çox ağır metal ionlarının yüksək konsentrasiyalarında bunlardan heç biri fəaliyyət göstərmir.

Metallar saf halda və normal şəraitdə yüksək elektrik və istilik keçirmək qabiliyyətinə malikdir. Bununla yanaşı, onların elektromaqnit dalğalarını yaxşı əks etdirmək xüsusiyyətləri də vardır. Metallar polimorf maddələr olub, bərk halda kristal struktura malikdirlər. Metalların hər birinə xas olan xüsusiyyətlərdən bir neçəsi bunlardır: valent elektronlarının atomun nüvəsi ilə zəif bağlantısı nəticəsində müsbət yüklü ionlar meydana gətirmələri; qələvi oksid və hidrosid meydana gətirmələri və turşulardakı hidrogenin yerinə keçə bilmələri [45, 388-393].

Ağır metalların xarakterik xüsusiyyətlərindən biri də onların canlılarda akkumulyasiya olmalarıdır. Hər bir ağır metal ditizonla (metal indikatoru- C_6H_5N) reaksiyaya girir. Bütün metallar üçün ən xarakterik xüsusiyyət bitkilərin müxtəlif orqanlarında akkumulyasiya olmalarıdır. Göstərdikləri bioloji təsirlərə görə onlar bioaktiv olan və olmayan iki qrupa ayrılırlar. Birinci qrup bioaktiv ağır metallar Fe, Cu, Mn, Zn, Co, Ni, Mo, Se və s.-dir. Bu qrupa daxil olan elementlərdən Mn, Fe, Cu, Zn, Co və Ni biosferin biogeokimyəvi strukturunda əsas elementlərdən hesab olunurlar və kiçik miqdarda qida yolu ilə həm bitki, həm də heyvanlara transfer olunaraq bir çox fizioloji və biokimyəvi prosesləri sürətləndirirlər. Bunun əksinə bioaktiv olmayan ağır metalların bir çoxu (Pb, Bi, W, Ag, Cr, Cs, Cd, As, Sn, Os, Pd, Pt, Hg və s.) bitkilər tərəfindən akkumulyasiya olunduqdan sonra bitki və heyvanlarda çoxsaylı xəsarətlərə yol açırlar.

Ətraf mühitdə ağır metalların vəziyyəti və təsirlərinin təsbit edilməsi ən əhəmiyyətli və müasir elmi problemlərdən biridir. Bioaktiv metallar canlılarda olduqca az miqdarda olmasına baxmayaraq bitkilərin normal həyat tərzini tənzimləyən fermentlərin strukturuna keçərək çox əhəmiyyətli rol oynayırlar. Buna baxmayaraq metallardan hər hansı birinin miqdarının normadan çox və ya az olması canlıların fəaliyyətində mənfi, hətta bəzən öldürücü təsir göstərir [38, 3-10].

Müxtəlif kimyəvi qarışıqların, mədənlərin, metallurgiya və kimya sənayesi müəssisələrinin, transformatorların, avtomobillərin və sənaye tullantılarının tərkibindəki ağır metalların atmosferlə və ya çirkli sənaye suları ilə ətraf mühiti çirkləndirməsi haqqında çoxsaylı elmi tədqiqatlara rast gəlmək mümkündür [1, 81-126]. Ağır metallardan ətraf mühiti ən çox çirkləndirəni əlvan metallardır [40, 92-99]. Antropogen təsirlər ilə ağır metalların atmosfərə yayılmasında sement xam maddəsinin yandırılması, boya, akkumulyator və ağır metalların istehsalı böyük rol oynayır.

Ağır metallar torpaqda duzlar, minerallar və ya oksidlər halında hərəkətli və hərəkətsiz halda olur [40, 92-99]. Ağır metalların torpaqda hərəkətli olmasına humus miqdarı, torpaq pH-sı, mikrofloranın müxtəlifliyi və karbonat miqdarı əhəmiyyətli dərəcədə təsir edir [32, 81-89]. Torpaqda ağır metal miqdarının dəyişməsi torpaqdakı nəmlik, temperatur və oksidləşmə-reduksiya potensialına bağlıdır. Ağır metalların ekosistemdə daşınmasının tədqiq edilməsi onların atmosferdən torpağa və ya göl və dənizlərin dibindəki çöküntülərə, oradan isə bitkilərə keçdiyini ortaya çıxarmışdır [35, 217-221].

Ağır metallar torpaqda müxtəlif qarışıqlar halında yüksək konsentrasiyalara qədər akkumulyasiya olunaraq bitkilərin normal

funksiyası üçün təhlükə yaradır. Çirklənməyə qarşı mübarizədə ən vacib problemlərdən biri torpaqda və canlılarda ağır metalların çirklilik indikasiyasının təyin edilməsidir. İndiyə qədər çirklilik indikasiyasının təyin edilməsi əsasən torpaq fermentlərinin fəaliyyətlərindəki dəyişikliklərin müəyyənləşdirilməsi yolu ilə aparılır. Çünki fermentin fəaliyyəti torpaqdakı canlı aləmin ən hassas göstəricisidir [33, 133-142].

Ağır metalların bitkilərə göstərdikləri toksik təsirlərin təsbit edilməsində ən əhəmiyyətli mərhələlərdən biri onların bitkilərin müxtəlif orqanlarına miqrasiya dinamikasının araşdırılmasıdır. Pb, Zn, Cd və Hg kimi ağır metalların konsentrasiyaya bağlı olaraq bitkilərə digər ağır metallardan daha az miqrasiya etdikləri ortaya çıxmışdır [47, 899-905]. Ağır metalların bitki köklərindən radial istiqamətində qabıq apoplastı və ksilema boruları ilə miqrasiya etdikləri təsbit edilmişdir. Ağır metallar köklərə keçmək qabiliyyətinə görə müqayisə edildikdə Cu, Fe, Sb, Cr, Mg və Mo-nin bitki köklərindən radial istiqamətində mərkəzi silindir toxuması boyunca digər metallara nisbətən daha asan miqrasiya etdikləri müəyyən edilmişdir. 50 mq/lt konsentrasiyada tərkibində Cd olan su mühitindəki su zənbəgi bitkisi (*Nymphaea*) Cd-un həm kök, həm gövdəcik, həm də su üstündə olan yarpaqda akkumulyasiya olduğu aşkara çıxmışdır. Cd 50 mq/lt konsentrasiyada ən çox yan kökdə, gövdəcikdə və yarpaqda yığılır. 50 mq/lt konsentrasiyada Cd olan mühitə 500 mq/lt konsentrasiyada Ca əlavə edildikdə Cd-un gövdəcik və yarpaqda akkumulyasiyasının 3.5 dəfə artdığı bəlli olmuşdur. Maraqlıdır ki, Ca olan və ya olmayan mühitdə Cd-un ən az miqdarı ana kökdə yığılmışdır. Bu tədqiqatda Cd akkumulyasiyasının təsir müddətinə bağlı olduğu da təsbit edilmişdir [18, 323-331].

Ağır metalların bitkilərə transformasiyasında anionların da rolu çox böyükdür. Ağır metalların sulfatlı qarışıqları nitratlı qarışıqlarına nisbətən kök sistemindən daha asan qəbul edilir. Ağır metalların oksidli qarışıqları isə sulfatlı və nitratlı qarışıqlara nisbətən bitkilərə daha az keçirlər. Nocito və b., və Ferretti qarğıdalıda (*Zea mays L.*) sulfat anionunun transferinə Cd-un yüksək affinitə təsirinin olduğunu təsbit etmişlər. Bu tədqiqatçılar 10 mkm CdCl₂ qarışığının qidalandırıcı məhlulə əlavə edilməsi nəticəsində qarğıdalıda sulfat daşınmasının 100% artdığını müşahidə etmişlər [12, 49-54; 22, 1872-1879].

Ağır metallar müxtəlif bitkilər tərəfindən fərqli miqdarlarda qəbul olunurlar. Alekseyev və Lepkoviç podzol torpaqlarda turş mühitdə ağır metalların ən az miqdarda paxlalı bitkilərdə, ən yüksək miqdarda isə söyüd ağacında (*Salix capria L.*) yığıldığını müəyyən etmişlər. Ot bitkilərindən ən yüksək absorbsiya kofsaiti

daziotu (*Hypericum L.*), at quyruğu (*Equisetum L.*) və zəncir-otunda (*Taraxacum wigg L.*) aşkara çıxmışdır. Neytral reaksiyalı torpaqlarda isə turş reaksiyalı torpaqlara nisbətən paxlalı bitkilərdə absorbsiya kofsaitinin artdığı, söyüd ağacı və yuxarıda qeyd olunan digər bitkilərdə isə onun azaldığı müşahidə olunmuşdur [28, 66-69]. Fərqli xüsusiyyətlərə malik torpaqlarda turşuluğun aradan qaldırılması ilə bir çox ağır metalın akkumulyasiyasının qarşısını almaq mümkündür. Turş xassəli torpaqlar əhənglə gübrələndikdə metal hidrokksidlərin meydana gəlməsi nəticəsində ağır metalların həll olunma xüsusiyyətləri azalaraq torpaq məhlulunda çökür və fitotoksik təsirləri azalır. Buna baxmayaraq, torpaq turşuluğunun azalması (qələviliyin artması) Mo, Cr və Ni-in torpaqda aktivliyini artırır və daha yüksək fitotoksik təsir göstərmələrinə səbəb olur [27, 80-82].

Ağır metalların bitkilər tərəfindən akkumulyasiyasında onların öz aralarındakı qarşılıqlı münasibətinin rolu böyükdür. Tədqiqatlar ağır metalların bitkiyə keçidi və onlardan birinin torpaqda miqdarı yüksək olduğu zaman aralarında 3 tip münasibətin ola bilməyini aşkara çıxarmışdır. 1-ci tip münasibətdə elementlərin periodik sisteminin hər hansı bir qrupundakı elementlər bitkiyə keçərkən digər qrupun elementlərinə qarşı tərs, yəni antoqonist təsir göstərir. Məsələn, Cd ilə Ca arasında, Cd ilə Zn və Cd ilə Ba arasında antoqonist münasibət vardır. 2-ci tip münasibətdə periodik sistemin hər hansı bir qrupunun elementləri qonşu qrupun elementlərinin bitkiyə keçidini artırır, yəni sinergik xüsusiyyət göstərir. Məsələn, Pb ilə Sb və V ilə As arasında hər zaman sinergizm vardır. 3-cü tip münasibətdə hər hansı bir qrupun xarici elektron təbəqəsi tamamlanmayan elementləri xarici təbəqəsi tamamlanmış elementlərin bitkiyə keçidinə qarşı sinergizm göstərirlər. Məsələn, periodik sistemdə 1-ci qrupun elementləri 7-ci qrupun elementlərinə, 2-ci qrupun elementləri 5-ci qrupun elementlərinə qarşı sinergiktirlər [50, 69-80].

Ağır metallar çoxillik bitkilərdə, xüsusilə ağaclarda bitkinin müxtəlif orqanlarında fərqli miqdarlarda akkumulyasiya olunurlar. Bununla yanaşı, ağır metallar bitkilərin yer üstündəki orqanlarında hər bitkidə eyni şəkildə akkumulyasiya olunurlar. Antropogen təsirlər ilə çirklənmiş torpaqların 0-10cm üst təbəqəsində Fe miqdarı 190 mq/kq, Cu 110 mq/kq, Mn 1mq/kq, Pb 5.4 mq/kq və Cd 0.4 mq/kq olaraq təsbit edilmişdir [36, 82-87].

Müxtəlif bitkilərin ağır metallara qarşı həssaslığı fərqlidir. Kök, kələm, ispanaq və yaşıl kələm Cd-a qarşı həssas olduqları halda pomidor müqavimətlidir. Cd-un həddindən çox miqdarına qarşı dənli bitkilərdən arpa və düyü müqavimətli olduqları halda yulaf və buğda olduqca həssasdır [3, 75-80]. Paxlalı bitkilərdən soya

lobyası və noxud Cd-un yüksək konsentrasiyasına qarşı müqavimətli olduğu halda lobya və mərcimək çox həssasdır [42, 27-28].

Torpaqlar aqrokimyəvi fəaliyyət nəticəsində ağır metallarla çirklənir. Bunun ardınca bəzi bitkilərdə ağır metalların akkumulyasiyası artmaqda və güclənməkdədir. Bu cür bitkilər ağır metallara qarşı yüksək tolerantlığa malikdirlər. Burada diqqəti cəlb edən xüsusiyyət, akkumulyasiya edən bitkilərin torpaqda sadəcə həll olunmuş halda və yüksək konsentrasiyalarda yığılan ağır metalları akkumulyasiya etmələridir. Bəzi üzvi və qeyri-üzvi maddələr ağır metalların həll olunmaq faizini artırıdqları üçün bir çox bitki növündə, məsələn, söyüd (*Salix viminalis L.*), xardal (*Brassica juncea L. Czern*), qarğıdalı (*Zea mays L.*) və günəbaxanda (*Helianthus annuus L.*) ağır metalların akkumulyasiyası sürətlə həyata keçir [26, 1939-1954].

Bitkilərin bir çoxu metallara qarşı tolerantlı olmaqla bərabər, hiperakkumulyator kimi hərəkət edərək özlərinin quru çəkilərinin 0.01-0.1%-i qədər Ni, Co, Pb, Zn və Cd akkumulyasiya edirlər. Ağır metallardan ən çox akkumulyasiya olunanlar Ni və Pb-dur [7, 475-486]. Lombi və b., *Thlaspi caerulescens*-in Zn-in hiperakkumulyatoru olduğunu müəyyən etmişlər [20, 1359-1367]. Eyni tədqiqatçılar Fe azlığında Zn və Cd-un daha çox akkumulyasiya olunduqlarını da müşahidə etmişlər. Fe-in yüksək konsentrasiyasında isə Zn və Cd transportu azalır [8, 1063-1072; 24, 4956-4960].

Ağır metalların bitki köklərindən akkumulyasiyası ilə bağlı tədqiqatları təhlil edərkən aşağıdakı ümumi nəticələrə gəlmək mümkündür:

- Ağır metallar kök sistemindən, xüsusilə də ağacların kök sistemindən sıxlığa bağlı olaraq çox az əmilir və kökə keçən metal ionları çox vaxt yarpaq və meyvələrə qədər miqrasiya edə bilmirlər;

- Ağır metallar ot bitkilərinin həm kök və yarpaq sistemindən keçir, həm də kök, gövdə, yarpaq və toxumlarda akkumulyasiya olunurlar. Onlar vegetativ orqanlardan ən çox yarpaqlarda və yan köklərdə akkumulyasiya olunurlar.

Dəyişən valentli ağır metallar, məsələn, Fe, Cu, Mn, Co, Mo və Zn, bitkilərin böyüməsi və inkişafı üçün zəruri olan minerallar arasına girirlər. Buna baxmayaraq onlar həddindən çox miqdarda olduqda bitkilərə toksik təsir göstərir. Buna görə bitkilərin normal böyüməsi üçün dəyişən valentli metalların miqdarı torpaqda müəyyən sərhədə çatmalı və bitki orqanları tərəfindən lazım olan miqdarda akkumulyasiya olunmalıdır [16, 2601-2613].

Böyük müqavimətə malik bitkilər seçici olaraq ağır metalları çirklənmiş yerdən bayıra çıxarda bilir. Bu prosesi açıqlamaq məqsədilə çoxsaylı tədqiqatlar aparılmasına baxmayaraq indiyə qədər

prosesin əhəmiyyətli məqamları müəyyən edilməmişdir [4, 256-264; 5, 335-340].

Ağır metallar pöhrələnməkdə olan bitkilərə konsentrasiyaya bağlı olaraq fərqli şəkillərdə təsir göstərir. Ağır metalların kiçik dozaları bitkilərə nəzərə çarpacaq qədər təsir göstərmir, orta dərəcədə olan dozalarda bitkilərin müqavimət mexanizmlərini qıcıqlandırır və yüksək konsentrasiyalarda isə xəsarət verir [31, 78-81; 51, 33-37]. Buna baxmayaraq bəzi ağır metallar konsentrasiyaya bağlı olmadan bitkilərə heç bir təsir göstərmir və yaxud qıcıqlandırıcı və ya xəsarətverici təsir göstərir [11, 1935-1946; 15, 1391-1402].

Ağır metallar bitkilərdə zülal, lipid və karbohidrat sintezini pozur. Fuksman və b. Cu, Mn və Zn ağır metallarının şam ağacının iynələrində lipid metabolizmasına təsirini tədqiq etmişdir. CuSO₄, MnSO₄ və ZnSO₄ təsirindən sonra lipidlərin, monodoymamış və didoymamış yağ turşularının miqdarı azalsa da fosfolipid miqdarı MnSO₄ təsirindən sonra eyni qalmış, CuSO₄ və ZnSO₄ təsirindən sonra bir qədər artmışdır. Bununla yanaşı, ağır metalların təsirindən sonra prolin amin turşusunun miqdarı da artmışdır [52, 277-281].

Ağır metallar yüksək konsentrasiyalarda bitkilərin böyüməsini və inkişafını yavaşdır, bir çox biokimyəvi və fizioloji reaksiyaları pozur. Onların təsiri nəticəsində fotosintez prosesinin yavaşdığı, xloroplastların strukturunun pozulduğu, xlorofil və karotinoid miqdarının azaldığı təsbit edilmişdir [13, 511-566; 37, 107-117]. Cd və Pb təsiri nəticəsində bitkilərdə xlorofil miqdarının azaldığı lobya, pomidor, günəbaxan, kələm və arpa bitkilərində müəyyən edilmişdir [21, 12-16]. Ağır metalların təsiri ilə xlorofil miqdarında azalmanın onların sintezinin ləngiməsi və degradasiyalarının güclənməsi nəticəsində olduğu ehtimal edilir [37, 107-117].

Ağır metallar həddindən artıq dozalarda bitkilərin element strukturuna mənfi təsir göstərir [49, 69-76]. Noxud və yulafın toxum və gövdələrində aparılan analizlərdə Pb-un yüksək dozası bitki həyatı üçün zəruri olan makroelementlərin (P, S, Cl, Ca və Fe) miqdarını 40% azaltmışdır. Bunun əksinə Pb-un yüksək konsentrasiyası mikroelementlərdən Mn, Zn və I-a qarşı sinergik təsir göstərmiş və bitki orqanlarında onların miqdarının 80% artmasına, Cu-ə qarşı isə antoqonist təsir göstərərək onun miqdarının 60% azalmasına səbəb olmuşdur. Ağır metallardan Cd da bitkilərin element strukturuna təsir edir. Cd 3 kq/hektar nisbətində torpağa verildiyində noxud və yulaf bitkilərində kök, gövdə və toxumda Ca, Mn, Fe, Zn, Sr, Ba və Pb miqdarının 20-40% azalmasına, K, Cu, Pb və Sn miqdarının isə 10-70% artmasına səbəb

olur [48, 74-79]. Ağır metallar paxlalı bitkilərdə də elementlər arasında müvazinəti pozur. Cd-un yüksək miqdarı buğdanın pöhrələnmək fazasında N, P, K və Mn-in yarpaq və köklərdə, Cu və Zn-in isə növünə və müqavimət dərəcəsinə bağlı olmadan sadəcə yarpaqlarda miqdarca azalmasına səbəb olur [9, 105-114; 29, 47-53].

Torpaq və bitkilər müəyyən bir səviyyədə ağır metalların çirkləndirici təsirinə qarşı müdafiə xüsusiyyətinə malik olmalarına baxmayaraq müxtəlif torpaqlar və bitkilər ağır metalların çirkliliyinə qarşı eyni səviyyədə müdafiə imkanına malik deyillər. Ağır metal çirkliliyinə qarşı müdafiə mexanizmlərindən biri torpağın bufer xüsusiyyətidir. Daha açıq ifadə etsək, torpaqda olan ağır metal qarışıqlarının hərəkətli vəziyyətdən daha az hərəkətli vəziyyətə keçidləri torpağın dispersiya parçacıqları, Al və Fe oksidləri, habelə humus miqdarı ilə sıx əlaqədardır. Bununla yanaşı, torpaqda ağır metalların aktivliyi mühitin reaksiyası ilə də əlaqəlidir. Yüksək pH-ın (neytral və zəif qələvi) və böyük miqdarda gil minerallarının olduğu CaCO_3 və üzvi maddələr ehtiva edən torpaqlar ağır metalların xəsəratverici təsirindən qorunmaq üçün əhəmiyyətli rol oynayırlar. Bu cür torpaqlarda ağır metallar az hərəkətli vəziyyətə keçdikləri üçün bitkilərə daha az xəsərat verirlər [41, 65-70]. Ağır metalların torpağı çirkləndirməsinin və bitkilərə xəsərat verməsinin qarşısını almaqda tsiolitin (OH qrupu olan bir qarışıq) müəyyən rolu vardır. Bu maddə arpa bitkisinin Zn, Pb və Cd ilə çirklənməsinə qarşı daha yüksək müdafiə təsirini az işlənmiş torpaqlarda göstərir [44, 89-95]. Toxumların əkindən əvvəl azot fiksasiya edən bakteriyalarla işlənməsi də arpa bitkisinin ağır metalların təsirinə qarşı müqavimətini sürətli bir şəkildə artırır [50, 69-80].

Çində torpaq, su və qidaların ağır metallarla çirklənməsi böyük bir problem kimi ortaya çıxır. Ağır metalları torpaqdan uzaqlaşdırmaq məqsədilə bitkilərin istifadə olunması çirkliliyə qarşı çox təsirli bir yol ola bilər. Bu səbəblə bitkilər, torpaq və su mühitindəki ağır metalların çıxardılması, transferi və sabitləşdirilməsi üçün istifadə olunurlar. Bitkilər ağır metalları kök, gövdə və yarpaqları vasitəsilə akkumulyasiya etmələrinə baxmayaraq, onları seçici xüsusiyyətlərlə qəbul edirlər. Ağır metalların bitkilər tərəfindən akkumulyasiyası və orqanlarda paylanması bitkinin və elementin növünə, kimyəvi və bioloji aktivliyə, oksidləşmə-reduksiya potensialına, pH qiymətinə, kation dəyişmək həcmində, oksigenin həll olunmasına, temperatura və köklərin sekresiya qabiliyyətinə bağlıdır [4, 256-264].

Bibak və b., Danimarkanın Spodols və Wtisol rayonlarından əldə edilmiş 53 torpaq nümunəsində Co, Cu, Mn və Mo-in etilendiamintetraasitik turşu (EDTA) ilə ekstraksiya oluna biləcək miq-

darlarını təyin etmişlər. Torpaqların çoxunda təbəqələrin üst səthində metalların miqdarı az olsa da, dərinə getdikcə miqdarın artdığı müşahidə olunmuşdur. EDTA ilə ekstraksiya olunan Mo miqdarı bütün torpaq nümunələrində 20 mkq/kq torpaq nisbətindən az olduğu halda bəzi torpaq nümunələrində Co və Cu miqdarı olduqca aşağı (3-5 mkq/kq torpaq) səviyyədə tapılmışdır [2, 4].

Qaleulin və Qaleulina torpağı ağır metallardan təmizləmək məqsədilə fitoekstraksiya metodundan istifadə etmişlər. Fitoekstraksiya edən bitkilərin (xardalın müxtəlif növləri, turp, çuğundur və kətan) Cd, Cr, Ni, Zn və Cu metallarını böyük miqdarda torpaq üstündəki orqanlarına akkumulyasiya edərək onların torpaqda miqdarlarının xeyli azalmasını təmin etdikləri müəyyənlanmışdır [34, 77-85].

Bekasova və b., *Nostoc muscorum cyanobacterum* ştapında hüceyrələr tərəfindən Cd ionlarının bağlanmaq mexanizmini tədqiq etmişlər. Sulu mühitdə Cd(NO₃)₂ məhlulunda inkubasiya olunan siyanobakteriyalar Cd ionlarını öz üzərlərində akkumulyasiya edərək onları az zəhərli CdS (kadmium sulfid kristalları) və Cd⁰-a (metal) transformasiya etmişlər. Bu nəticələrə istinadən Cd-la çirklənmiş torpağa *Nostoc muscorum cyanobacterum* verməklə çirkliliyin qarşısının alınma biləcəyi fikri irəli sürülmüşdür [30, 263-271].

Günümüzdə ağır metalların təsirlərinə qarşı bitkilərin iki müdafiə mexanizminin olduğu ehtimal edilir:

- Bitkilərdə ağır metal akkumulyasiyasını əngəlləyən müdafiə mexanizminin mövcudluğu;

- Bitkilər tərəfindən ağır metalların qəbul edilməsinə baxmayaraq onlara qarşı müqavimət göstərən fermentlərin fəaliyyəti nəticəsində metalların zərərsizləşdirilərək orqanizmdən bayıra atılması.

Lekomaxer və Semenov zərərli maddələrin orqanizmdən çıxarılması ilə əlaqədar zülal və lipidlərin əhəmiyyətli rol oynadıqlarını müəyyən etmişlər [43, 150-151]. Heyvanlarda metalotionin adı verilən kiçik molekullu zülal tapılmışdır ki, bu zülal Zn və Cd metallarını tutaraq hərəkətsiz hala gətirir [39, 141-142]. Son zamanlar bu cür üzvi rabitənin bitkilərdə də meydana gəldiyi ortaya çıxmışdır [17, 913-951; 46, 20-25]. Bitkilərdə metalotioninin təsiri nəticəsində bir çox ağır metal ionunun mühitin fizikokimyəvi xüsusiyyətinə bağlı olaraq fəaliyyətsiz hala gətirildiyi müşahidə olunmuşdur [14, 387-397].

Tütünün (*Nicotiana tabacum*) köklərində su keçidini tənzimləyən zülal xassəli akvaporin (NtAQP1) molekulunun ağır metalları qarışıq, məsələn, HgCl₂ halında bayıra çıxartdığı müəyyən edilmişdir [23, 167-172].

Ədəbiyyat araşdırmalarından qlutationun ağır metalların, xüsusilə Cd-un təsirinə qarşı müdafiə rolunun olduğu ortaya çıxır. Buna baxmayaraq qlutationun Cd-un təsirinə qarşı müdafiə (detoksikasiya) mexanizmi Cd konsentrasiyası ilə yaxından əlaqəlidir. Pietrini və b. Cd-la qlutationun bir-birinə və onların fotosintezin inkişafına təsirlərini tədqiq edərkən Cd konsentrasiyasının qlutation miqdarının dəyişməsinə əhəmiyyətli rol oynadığını müəyyən etmişlər. Bu tədqiqat da göstərir ki, bitkilər 50 mkm Cd ilə işləndikdə antioksidant fəaliyyətləri qlutation və purin miqdarının artması nəticəsində oyanır. Əksinə, bitkilər 100 mkm Cd ilə işləndiklərində qlutation və piridin nukleotidlərinin miqdarı sürətlə azalır və bu da fotosintez prosesinin ləngiməsinə səbəb olur [25, 829-837].

Choi və b. tütün bitkisinə Cd detoksikasiyasını tədqiq etmişlər. Cd detoksikasiyasının çox maraqlı mexanizm ilə həyata keçdiyi müəyyən edilmişdir. Tütündə Cd detoksikasiyasının trixomalarda meydana gəldiyi ortaya çıxmışdır. Qısa trixomalarda olan Cd ionları aktiv halda Cd kristalına döndükdən sonra Ca ehtiva edən kristallar ilə trixomalardan çıxarılır. Bu detoksikasiya mexanizmi maraqlı olsa da, bir çox ağır metal ionlarına və bitki növlərinə xas deyildir [6, 45-50].

Yuxarıda qeyd olunan hər bir müdafiə mexanizması həm ağır metalların növünə, həm də müxtəlif bitkilərin reaksiyalarına bağlı olduğundan ümumi deyil, fərdidir. Bir çox halda müdafiə mexanizmlərinin az bir qismi təsirli olur. Təsirli olan mexanizmlər isə ağır metal konsentrasiyasına bağlıdır və bu mənada bir çox ağır metal ionlarının (Cd, Zn, Pb, Ni və Cr) yüksək konsentrasiyalarında bunlardan heç biri fəaliyyət göstərmir.

ƏDƏBİYYAT

İngilis dilində

1. Baker A.Y.M., Brooks R.R. Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements – a review of their distribution, ecology and phytochemistry. *Biorecovery J.*, No:1, 1989.
2. Bibak A., Moberg J.P., Borggaard O.K. Content and distribution of cobalt, copper, manganese and molybdenum in Danish spodosols and ultisols. *Acta Agriculturae Scandinavia Section B-Soil Plant Science J.No:44*, 1994.
3. Chardonnens A.N., Ten Bookum W.M., Kuijper L.D.J., Verkleij J.A.C. Distribution of Cd in leaves of Cd tolerant and sensitive ecotypes of *Silene vulgaris*. *Plant Physiology J.No:104*, 1998.
4. Cheng S.P. Effects of Heavy-Metals on Plants and Resistance Mechanisms. *Environmental Science and Pollution Research J.*, No:10, v 4, 2003.
5. Cheng S.P. Heavy-Metals in Plants and Phytoremediation – A State-of-the-Art Report with Special-Reference to Literature Published in Chinese Journals. *Environmental Science and Pollution Research J.*, No:10, v 5, 2003.

6. Choi Y-E., Harada E., Wada M., Tsuboi H., Morita Y., Kusano T., Sano H. Detoxification of cadmium in tobacco plants formation and active excretion of crystals containing cadmium and calcium through trichomes. *Planta J.*, No:213, 2001.
7. Clemens S. Molecular mechanisms of plant metal tolerance and homeostasis. *Planta J.*, No:212, 2001.
8. Cohen C.K., Fox T.C., Garvin D.F., Kochian L.V. The role of iron-deficiency stress responses in stimulating heavy-metal transport in plants. *Plant Physiology J.*, No:116, 1998.
9. Costa G., Michaut J.Ch., Morel J.L. Influence of cadmium on water relations and gas exchanges in phosphorus deficient *Lupinus albus*. *Plant Physiology J.*, No:32, v 1, 1994.
10. Fecht-Christoffers M.M., Maier P., Horts W.J. Apoplastic peroxidase and ascorbate are involved in manganese toxicity and tolerance of *Vigna unguiculata*. *Plant Physiology J.*, No:117, 2003.
11. Fecht-Christoffers M.M., Braun H.P., Lemaitre-Guillier Ch., Van Dorsselaer A., Horst W.J. Effect of manganese toxicity on the proteome of the leaf apoplast in cowpea. *Plant Physiology J.*, No:133, 2003.
12. Ferretti M., Ghisi R., Merlo L., et al. Effect of cadmium on photosynthesis and enzymes of photosynthetic sulphate and nitrate assimilation pathways in maize (*Zea mays L*). *Photosynthetica J.*, No:92, v 1, 1993.
13. Foy C.D., Chaney R.L., White M.C. The physiology of metal toxicity in plants. *Annual Review of Plant Physiology*, No:29, 1978.
14. Garcia-Hernandez M., Murphy A., Taiz L. Metallothioneins 1 and 2 have distinct but overlapping expression patterns in *Arabidopsis*. *Plant Physiology J.*, No:118, 1998.
15. Hale K.L., McGrath S.P., Lombi E., Stack S.M., Terry N., Pickering I.J., George G.N., Pilon-Smits E.A.H. Molybdenum sequestration in *Brassica* species. A role for anthocyanins? *Plant Physiology J.*, No:126, 2001.
16. Hall J.L., Williams L.E. Transition-Metal Transporters in Plants. *Experimental Botany J.*, No:54, v 393, 2003.
17. Hamer D.H. Metallothionein. *Annual Review of Biochemistry*, No:55, 1986.
18. Lavid N., Barkay Z., Tel-OR E. Accumulation of heavy metals in epidermal glands of the waterlily (*Nymphaeaceae*). *Planta J.*, No:212, 2001.
19. Lavid N., Schwartz A., Yarden O., Tel-Or E. The involvement of polyphenols and peroxidase activities in heavy-metal accumulation by epidermal glands of the waterlily (*Numphaeaceae*). *Planta J.*, No:212, 2001.
20. Lombi E., Tearall K.L., Howarth R., Zhao F-G., Hawkesford M.G., McGrath S.P. Influence of iron status on Cadmium and Zinc uptake by different ecotypes of the hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens*. *Plant Physiology J.*, No:128, 2002.
21. Mishra S., Bhutani S., Singh D.B. Influence of nitrate supply on cadmium toxicity in *Brassica juncea* during early seeding growth. *Indian Journal of Plant Physiology*, No:37, v 1, 1994.
22. Nocito F.F., Pirovano L., Cocucci M., Sacchi G.A. Cadmium-induced sulfate uptake in maize roots. *Plant Physiology J.*, No:129, 2002.
23. Otto B.O., Kaldenhoff R. Cell-specific expression of the mercury-insensitive plasma-membrane aquaporin NtAQP1 from *Nicotiana tabacum*. *Planta J.*, No: 211, 2000.
24. Pence N.S., Larsen P.B., Ebbs S.D., Letham D.L., Lasat M.M., Garvin D.F., Eide D., Kochian L.V. The molecular physiology of heavy metal transport in the Zn/Cd

hypertaccumulator *Thlaspi caerulescens*. *Proceeding National Academy of Science of USA*, No:97, 2000.

25. Pietrini F., Iannelli M., Pasqualini S., Massacci A. Interaction of cadmium with glutathione and photosynthesis in developing leaves and chloroplasts of *Phragmites australis*. *Plant Physiology J.*, No:133, 2003.
26. Schmidt U. Enhancing Phytoextraction – The Effect of Chemical Soil Manipulation on Mobility, Plant Accumulation, and Leaching of Heavy-Metals. *Environmental Quality J.*, No:32, v 6, 2003.

Rus dilinda

27. Алексеев Ю.В. Поглощение кадмия злаковыми растениями из дерново-подзолистой и карбонатной почв. *Агрoхимия*, No: 8, 2003.
28. Алексеев Ю.В., Лепкович И.П. Кадмий и цинк в растениях луговых фитоценозов. *Агрoхимия*, No:9, 2003.
29. Барсукова В.С., Гамзикова О.И. Влияние избытка кадмия на содержание макро- и микроэлементов у контрастных по устойчивости сортов пшеницы. *Физиология и биохимия культ. растений*, том 32, No:1, 2000.
30. Бекасова О.Д., Орлеанский В.К., Никандров В.В. Образование кристаллитов сульфида кадмия и металлического кадмия на поверхности цианобактерии *Nostoc muscorum*. *Физиология растений*, том 47, No:2, 2000.
31. Веселов Д.С., Фахрисламов Р.Г. Влияние кадмия на поглощение ионов, транспирация и содержание цитокининов в проростках пшеницы. *Агрoхимия*, No:10, 1999.
32. Волошин Е.И. Кадмий в почвах средней Сибири. *Агрoхимия*, No:5, 2003.
33. Галиулин Р.В. Индикация загрязнения почв тяжелыми металлами путем определения активности почвенных ферментов. *Агрoхимия*, No:11, 1989.
34. Галиулин Р.В., Галиулина Р.А. Фитоэкстракция тяжелых металлов из загрязненных почв. *Агрoхимия*, No:3, 2003.
35. Ганеева М.В., Довбия И.В., Законнов В.В., Широкова М.А. Эмпирические связи между содержанием металлов в растениях и данных осадках эвтрофного озера Неро. *Экология*, No:3, 1995.
36. Гиниятуллин Р.Х., Кулагин А.А., Бойко А.А., Уразгильдин Р.В. О содержании Mn, Fe, Cu, Zn, Cd в надземных органах березы бородавчатой в условиях техногенного загрязнения. *Химия тяжелых металлов*, Изд-во Институт биологии Уфимского научного центра РАН, Уфа, Россия, 1992.
37. Гуралчук Ж.З. Механизмы устойчивости растений к тяжелым металлам. *Физиология и биохим. культ. растений*, том 26, No:2, 1994.
38. Добровольский В.В. Тяжелые металлы: Загрязнения окружающей среды и глобальная геохимия. Матер. Всесоюзной научной конференц. «Тяжелые металлы в окружающей среде», Изд-во МГУ, Москва, 1980.
39. Дубина Т.Л., Кириченко Л.Н. Металлотионеин и его роль в регуляции обмена цинка. Биологическая роль микроэлементов и их применение в сельском хозяйстве и медицине, том 1, Тез. докл. VIII Всесоюзн. конф., Ивано-Франковск, 1978.
40. Ильин В.Б. О загрязнение тяжелыми металлами почв и сельскохозяйственных культур предприятием цветной металлургии. *Агрoхимия*, No:3, 1990.
41. Ильин В.Б. Буферные свойства почвы и допустимый уровень ее загрязнения тяжелыми металлами. *Агрoхимия*, No:11, 1997.

42. Каракис К.Д., Рудакова Э.В. Устойчивость сельскохозяйственных культур к загрязнению среды тяжелыми металлами. Тез. докл. IX Всесоюзного конф. по проблемам микроэлементов в биологии, Кишинев, 1981.
43. Лекомахер С.С., Семенов Д.И. Метаболизм хелатных соединений кальция, марганца, железа, цинка и кадмия в организме животных. Биологическая роль микроэлементов и их применение в сельском хозяйстве и медицине, том 1, Тез. докл. VIII Всесоюзн. конф., Ивано-Франковск, 1978.
44. Минеев В.Г., Кочетавкин А.В., Нгуен Ван Б.О. Использование природных цеолитов для предотвращения загрязнения почвы и растений тяжелыми металлами. *Агрехимия*, No:8, 1989.
45. Рипан Р., Четяну Й. Химия металлов. Неорганическая химия, т. 1-2, Москва. 1971-72.
46. Рудакова Э.В., Каракис К.Д. *Физиолого-биохимические подходы при изучение загрязнения сельскохозяйственных растений тяжелыми металлами*. Микроэлементы в окружающей среде. Науково Думка, АН. Укр. ССР, Киев, 1980.
47. Серегин И.В., Иванов В.Б. Передвижение ионов кадмия и свинца по тканях корня *Физиология растений*, том 45, No:6, 1998.
48. Степанок В.В. Влияние соединений кадмия на урожай и элементный состав сельскохозяйственных культур. *Агрехимия*, No:6, 1998.
49. Степанок В.В. Влияние высоких доз свинца на элементный состав растений. *Агрехимия*, No:7, 1998.
50. Степанок В.В., Юдкин Л.Ю., Рабинович Р.М. Влияние бактеризации семян ассоциативными diaзотрофами на поступление свинца и кадмия в растения ячменя. *Агрехимия*, No:5, 2003.
51. Таланова В.В., Титов А.Ф., Боева Н.П. Влияние свинца и кадмия на проростки ячменя. *Физиология и биохимия культ. растений*, том 33, No:1, 2001.
52. Фуксман И.Л., Шуляковская Т.А., Канючкова Г.К. Влияние тяжелых металлов на саженцы сосны обыкновенной. *Экология*, No: 4, 1998.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ, ПУТИ ИХ ПЕРЕХОДА В РАСТЕНИЯ, ВОЗДЕЙСТВИЯ И МЕХАНИЗМЫ ЗАЩИТЫ ОТ НИХ

А.А.ПАШАЕВ

РЕЗЮМЕ

В этом исследовании изучается краткая характеристика тяжелых металлов, пути перехода в растения, их воздействия и механизмы защиты от них.

Характерной особенностью всех металлов является то, что они аккумулируются в разных органах растений.

Тяжелые металлы в составе различных химических смесях, горных промыслах, предприятий металлургической и химической промышленности, трансформаторах, автомобилях и промышленных отходах загрязняют окружающую среду посредством атмосферы или грязной промышленной воды.

Тяжелые металлы в высоких концентрациях замедляют рост и развитие растений, нарушают многие биохимические и физиологические реакции. Подтверждено, что в результате их воздействия замедляется процесс фотосинтеза, нарушается структура хлоропластов, уменьшается количество каротиноида.

Несмотря на то, что почва и растения в определенном уровне обладают защитной особенностью против загрязняющего воздействия тяжелых металлов, разные почвы и растения имеют неодинаковую защитную возможность против загрязнения тяжелых металлов. На основании исследования, каждый защитный механизм различен из-за того, что связан как с видом тяжелых металлов, так и с реакциями разных растений. Во многих случаях малое количество защитных механизмов бывают действенными. А действенные механизмы связаны с тяжелой металлической концентрацией и в этом отношении в высшей концентрации ионов многих тяжелых металлов ни один из них не действует.

THE BREIF CHARACTERISTICS OF HEAVY METALS, WAYS OF THEIR TRANSITION TO PLANTS, THEIR INFLUENCES AND THE DEFENSIVE MECHANISMS AGAINST THEM

A.A.PASHAYEV

SUMMARY

In this research the brief characteristics of heavy metals, ways of their transition to plants, influences and the defensible mechanism against them have been studied.

Typical characteristic of all metals is their accumulation in the different organs of plants.

Heavy metals in structure of various chemical mixes, mountain crafts, the enterprises of the metallurgical and chemical industry, transformers, cars and industrial wastes pollute an environment by means of an atmosphere or dirty industrial water.

Heavy metals in high concentration slow down the growth and development of plants, disrupt many biochemical and physiological reactions. It is confirmed, that as a result of their influence the process of photosynthesis is slowed down, the structure of chloroplast is broken and the quantity of carotinoid is decreases.

In spite of the fact that soil and plants in the certain level have defensive mechanisms against polluting influence of heavy metals, different soil and plants have unequal protective opportunities against pollution of heavy metals. According to the result of the research every defensive mechanism differs in both the type of the heavy metals and reactions of different plants. In most cases a small amount of the defensive mechanisms are effective. Effective mechanisms are dependent on the concentration of heavy metals and in this context on the high concentration of ions of most heavy metals they are not effective.