

RAUDONŲJŲ DOBILŲ „ARIMAIČIAI“ PANAUDOJIMAS DIRVOŽEMIO VALYMUI NUO CINKO

Audronė Mikalajūnė¹, Giedrė Jasulaitytė²

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas: ¹Audrone.Mikalajune@vgtu.lt; ²aak@vgtu.lt

Santrauka. Cinko, kaip maistinio elemento, augalams reikia nedaug, bet jis būtinas, kad normaliai funkcionuotų augalų medžiagų apykaitos mechanizmas. Šiame darbe cinkui iš dirvožemio valyti pasirinkti raudonieji dobilai „Arimaičiai“, auginti laboratorinėmis sąlygomis. Sėklos sėtos į švarų dirvožemį, į vieną kartą cinko užterštą dirvožemį ir į dirvožemį, kuris periodiškai teršiamas cinku. Dirvožemyje, užterštame vieną kartą, cinko koncentracija siekė 45 mg/kg. Pastebėta, kad po 6 mėnesių cinko dirvožemyje liko 3 kartus mažiau, lyginant su pradiniu užterštumu, o augalas sorbavo 65 % cinko, buvusio dirvožemyje. Periodiškai teršiant dirvožemį, cinko koncentracija siekė 80 mg/kg. Nustatyta, kad po 6 mėnesių cinko liko 1,9 karto mažiau, lyginant su pradiniu dirvožemio užterštumu. Teršiant periodiškai cinko koncentracija dirvožemyje siekė 300 mg/kg. Pastebėta, kad po 6 mėnesių cinko liko 1,7 karto mažiau lyginant su pradiniu dirvožemio užterštumu, o augalas sorbavo 17 % cinko, buvusio dirvožemyje.

Reikšminiai žodžiai: cinkas, dirvožemio tarša, fitoremediacija, raudonieji dobilai *Arimaičiai*.

Įvadas

Tarša sunkiaisiais metalais – viena svarbiausių aplinkosaugos problemų (Pereira *et al.* 2006). Dirvožemį teršia rūgštūs lietūs, katilinių emisijos, automobilių transporto išmetamosios dujos su sunkiaisiais metalais, aptinkamuose žemės ūkio plotuose ir jame augančiuose augaluose, įeinančiuose į maisto sudėtį, kurie sukelia ekologines problemas (Malik 2004; Zheljzakov *et al.* 2006).

Tyrimai parodė, kad sunkieji metalai neigiamai veikia mikroorganizmus, turi įtakos augimui ir morfologinei veiklai (Pereira *et al.* 2006).

Aplinkosaugoje plačiai taikomos bioremediacijos metodas. Tai technologijų ir įrenginių kompleksas, skirtas biologiniam dirvožemio, vandens telkinių ir kt. valymui, t. y. šalinti gamtinėje aplinkoje esančias ir ją teršiančias medžiagas (Liužinas, Paunksnytė 2008).

Užterštam dirvožemiui valyti dabartinės technologijos yra veiksmingos, bet paprastai brangios (Gardea-Torresdey *et al.* 2005). Fitoremediacija – tai aukštesniųjų kultūrinių ar laukinių augalų, jų šaknų rizosferos savybių taikymas sunkiesiems metalams ištraukti iš dirvožemio, naftos produktų, kitų organinių teršalų, siekiant atstatyti biodegradaciją ir dirvožemio struktūrą. Fitoremediacija pasitelkiama ir mažiems nuotekų kiekiams valyti bei biogeninėms medžiagoms akumuliuoti (Liužinas, Paunksnytė 2008).

Fitoremediacijos metu iš dirvožemio į augalo šaknis ir į patį augalą pernešamus sunkiuosius metalus sujungia proteinai ir organinės rūgštys, taigi augalų ląste-

lėse metalas tampa netoksiškas. Taip metalai ištraukiami iš dirvožemio. Panaudoti augalai nupjaunami ir sunaikinami. Taikant šį būdą daugybė kubinių metrų užteršto dirvožemio sumažinama iki gerokai mažesnio kiekio sunkiaisiais metalais užterštų pelenų, kurie gali būti deponuojami arba naudojami kaip rūda perdirbant metalus (Jankaitė, Vasarevičius 2007).

Sunkiesiems metalams ištraukti naudojama daug laukinių augalų. Tai daugiametė svidrė (*Lolium perenne* L.), dagys (*Carduus* sp.), pelynas, arba kartusis kietis (*Artemisia absinthium* L.), gluosnis (*Salix viminalis*) ir kt. (Liužinas, Paunksnytė 2008).

Šiuo metu pradėtos tvarkyti daugelio buvusių degalinių kuro bazių, technikos kiemų, pesticidų ir trąšų sandėlių, gyvulininkystės kompleksų teritorijos. Juos valyti gali padėti ir fitoremediacijos metodas, kadangi jis yra veiksmingas ir gana pigus (Liužinas, Paunksnytė 2008).

Fitoremediacijoje taikomos trys technologijos: fitoekstrakcija – iš dirvožemio pašalinami sunkieji metalai; fitostabilizacija – augalas sorbuoja toksines medžiagas ant šaknų ar šaknų viduje, sutrukdant toksinėms medžiagoms patekti į gruntinius vandenius; rizofiltracija – sunkiesiems metalams iš dirvožemio šalinti naudojamos augalų šaknys (Salt *et al.* 1995).

Fitoremediacijos tyrimai atliekami daugelyje pasaulio šalių. Belgijoje pagal projektą fitoremediacijos būdu siekiama sunkiuosius metalus iš dirvožemio išvalyti naudojant rapsus, kukurūzus ir kviečius (Ginneken *et al.* 2007). Jungtinėse Amerikos Valstijose atlikti fitoreme-

diacijos tyrimai, kai sunkiesiems metalams valyti buvo pasitelkti raudonieji dobilai. Kinijoje X. Yang ir kiti mokslininkai tyrinėjo fitoremediaciją naudojant įvairius augalus (Yang *et al.* 2005). Garstyčiose *Brassica juncea*, augančiose užterštose teritorijose, buvo padidėjęs Cd kiekis. Netoli žmonių vykdomos ūkinės veiklos *La reunion* saloje buvo padidėjęs Hg kiekis ir dirvožemyje, ir augaluose, nes šioje saloje buvo veikiantis ugnikalnis. Šias problemas plačiai tyrinėjo E. Doelsch ir kiti mokslininkai (Doelsch *et al.* 2006).

Užterštam dirvožemiui valyti taip pat taikomi ir kiti metodai. Tai dirvožemio plovimas, taikomas iškastiems dirvožemiams. Technologijos sėkmingumas priklauso nuo užteršto dirvožemio savybių ir valymo tikslų (Brathel, Edwards 2004). Mechaninio atskyrimo būdu atskiriamos didesnės, švaresnės teršalų dalelės nuo mažesnių ir labiau užterštų. Svarbiausias šio metodo aspektas – būdingų dalelių dydžio ir užterštumo lygio nustatymas, kadangi nuo to priklauso metodo veiksmingumas (Jankaitė, Vasarevičius 2005). Elektrokinetinis dirvožemio valymas pagrįstas žemos elektros srovės leidimu tarp katodo ir anodo, įtvirtintų užterštame dirvožemyje (Benker 1995).

Įvairiuose dirvožemiuose trūksta cinko, labiausiai tai pastebima kalkiniuose, labai aeruojamuose ir smėlinguose dirvožemiuose (Stanynas *et al.* 2009). Daugiausia cinko yra Vidurio Lietuvos dirvožemiuose, o mažiausia – Vakarų Lietuvos dirvožemiuose (Kregždys, Daugėlienė 2006). Cinkas yra sunkiai įsisavinamas, kai dirvožemyje gausu geležies, vario ir fosforo (Petrauskas 2006). Cinko kiekiui augaluose turi įtakos ir meteorologinės sąlygos. Jei iškrenta daugiau kritulių, augaluose susikaupia daugiau cinko negu esant aukštai temperatūrai ir mažai kritulių; labai saulėtomis dienomis smarkiai padidėjusį cinko poreikį šaknys sunkiai kompensuoja (Stanynas *et al.* 2009).

Cinkas yra augalams būtinas mikroelementas, tačiau didelių koncentracijų jis gali būti toksiškas (Fischerova *et al.* 2006). Jis svarbus fotosintezės procese, nes dalyvauja susidarant chlorofilui ir padeda jį apsaugoti nuo irimo (Mikroelementų reikšmė... 2008). Jis taip pat aktyviai dalyvauja kai kuriuose fermentų katalizavimo reakcijose, susidarant cukrui, baltymų sintezėje, garantuoja vaisinumą ir sėklų derlių, reguliuoja indolilacto rūgšties sintezę (Stanynas *et al.* 2009).

Dirvos rūgštingumas (pH) cinko pasisavinimą veikia labiau nei kiti veiksniai. Cinko paprastai trūksta dirvose, kurių pH mažesnis negu 6,5. Kai pH didesnis negu 7, cinką pasisavinti augalams pasidaro sudėtinga, nes teigiamo krūvio cinko jonai pereina į kompleksinį junginį ir virsta neigiamo krūvio, o augalai pasisavina Zn^{+2} jono pavidalu.

Vidutiniškas jo poreikis yra 150–400 g/ha (Stanynas *et al.* 2009).

Šių tyrimų tikslas – laboratoriniais eksperimentiniais tyrimais įvertinti žolinės augalijos – raudonųjų dobilų „Arimaičių“ veislės (*Trifolium pratense L.*) gebėjimą sorbuoti cinką iš dirvožemio.

Darbo metodika

Raudonieji dobilai (*Trifolium pratense L.*) – tai tradicinė ir plačiausiai ariamoje žemėje auginama daugiametė pašarinė žolė. Raudonieji dobilai „Arimaičiai“ pasirinkti todėl, kad jie atsparūs dobilų vėžiui, šaknų puviniams, nereikalauja priežiūros ir gerai auga įvairiomis sąlygomis, taip pat remiantis užsienio šalių tyrimais gerai sorbuoja sunkiuosius metalus (Baronytė 2005). Atlikus laboratorinius tyrimus su „Arimaičiais“ pastebėta, kad jie gana gerai dygsta. Po 14 dienų iš 100 sėklų sudygo 93 % (Jankaitė, Jasulaitytė 2008).

Raudonieji dobilai ir ankstyvieji, ir vėlyvieji paplitę visoje Lietuvoje.

Raudonieji dobilai „Arimaičiai“ buvo auginami laboratorinėmis sąlygomis – Vilniaus Gedimino technikos universitete, Aplinkos apsaugos katedros laboratorijoje. Kontroliniams augalams naudotas švarus dirvožemis. Sėklos buvo sėjamos į švarų dirvožemį, į vieną kartą cinku užterštą dirvožemį, periodiškai teršiant cinku toliau, o drėgmei palaikyti naudotas paprastas vanduo. Periodiškai teršiamu vadinamas toks dirvožemis, kuris nuolat teršiamas cinku, jo tirpalą naudojant drėgmei palaikyti.

Kad augalas augtų ir jame vyktų visi būtini fiziologiniai procesai, reikalinga drėgmė, todėl raudonieji dobilai buvo laistomi kas 3 dienas. Kontroliniame dirvožemyje auginti raudonieji dobilai laistyti vandenių po 100 ml. Vieną kartą užterštame dirvožemyje auginti raudonieji dobilai laistyti vandenių po 100 ml, o raudonieji dobilai, auginami nuolat teršiamame dirvožemyje – 100 ml cinko tirpalu. Palaikoma 22–24 °C temperatūra, apšvietimas – natūralus. Dirvožemis buvo teršiamas tokių koncentracijų cinku: 45 mg/kg; 80 mg/kg, 90 mg/kg; 140 mg/kg, 150 mg/kg ir 300 mg/kg. Šios koncentracijos pasirinktos siekiant cinko koncentracijas priartinti prie foninių kiekių, didžiausių leidžiamų koncentracijų (pagal Lietuvos HN 60:2004) ir viršijančių didžiausią koncentraciją. Eksperimento trukmė – 6 mėnesiai.

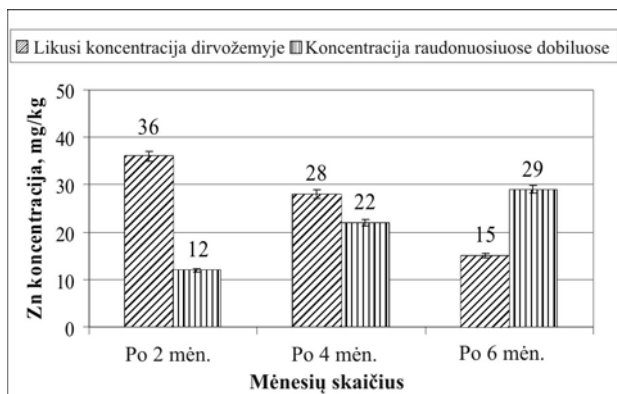
Po dviejų, keturių ir šešių mėnesių teršimo cinku raudonieji dobilai „Arimaičiai“ buvo išrauti ir atlikta analizė. Prieš analizuojant augalai nuplauti. Mėginiui imama 0,5 g augalo ir dirvožemio masės.

Tirpalo ruošimas: į kolbą įpilama 10 ml koncentruotos HNO_3 , 2 ml H_2O_2 30 % ir mineralizatoriuje mineralizuojama 30 min.

Po mineralizavimo tirpalas pilamas į matavimo kolbą ir paskiedžiamas iki 50 ml su dejonizuotu vandeniu. Po to pagal žinomos koncentracijos tirpalus sudaroma kalibravimo kreivė ir mėginyje absorbciniu spektrofotometru matuojamos metalų koncentracijos.

Tyrimų rezultatai

Atlikti tyrimai parodė, kad dirvožemis buvo užterštas iki 45 mg/kg koncentracijos cinku (1 pav.).



1 pav. Cinko valymas iš dirvožemio naudojant raudonuosius dobilus, kai dirvožemis užterštas vieną kartą 45 mg/kg koncentracijos cinku

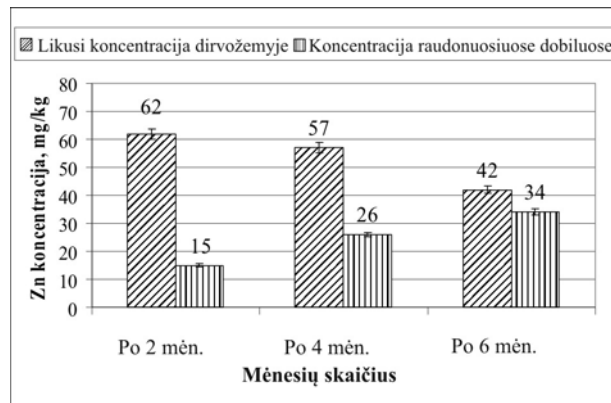
Fig. 1. Soil clean from zinc to used red clovers, when the soil pollution once time 45 mg/kg

Raudonuose dobiluose po 2 mėnesių cinko koncentracija buvo 12 mg/kg, o dirvožemyje – 36 mg/kg. Po 4 mėnesių cinko koncentracija dirvožemyje sumažėjo ir siekė 28 mg/kg, o augaluose – 22 mg/kg. Po 6 mėnesių cinko dobiluose rasta 29 mg/kg, o dirvožemyje – 15 mg/kg. Raudonieji dobilai po 6 mėnesių geriausiai sorbavo cinką ir, lyginant su po 2 mėnesių gautais rezultatais, cinko koncentracija sumažėjo iki 2,4 karto. Po 2 mėnesių cinko dirvožemyje buvo 20 % mažiau lyginant su pradiniu užterštumo lygiu. Po 6 mėnesių cinko dirvožemyje liko 3 kartus mažiau, nei esant pradiniam užterštumo lygiui, o augalas sorbavo 64 % cinko, buvusio dirvožemyje. Cinką raudonieji dobilai sorbavo labai gerai todėl, kad buvo maža sunkiojo metalo koncentracija, kuri reikalinga augalams ir kartu su vandeniu pasisavinama. Todėl raudonaisiais dobilais „Arimaičiai“ rekomenduojama valyti mažai užterštas cinku teritorijas.

A. Jankaitė ir S. Vasarevičius atliko fitoremediacijos tyrimus su miglė. Dirvožemis buvo teršiamas sunkiųjų metalų mišiniu. Vieną kartą užterštame dirvožemyje miglėje buvo rastos nedidelės sunkiųjų metalų koncentracijos, kurios buvo panašios į sunkiųjų metalų koncentracijas,

esančias pačiame dirvožemyje. Kai dirvožemis buvo vieną kartą užterštas sunkiųjų metalų mišiniu, miglė gerai sorbavo sunkiuosius metalus (Jankaitė, Vasarevičius 2006).

Užteršus dirvožemį 90 mg/kg cinko koncentracija, gauta, kad raudonieji dobilai po 2 mėnesių sorbavo 17 %, po 4 mėnesių – 29 %, o po 6 mėnesių – 38 % cinko (2 pav.).



2 pav. Cinko valymas iš dirvožemio naudojant raudonuosius dobilus, kai dirvožemis užterštas vieną kartą 90 mg/kg koncentracijos cinku

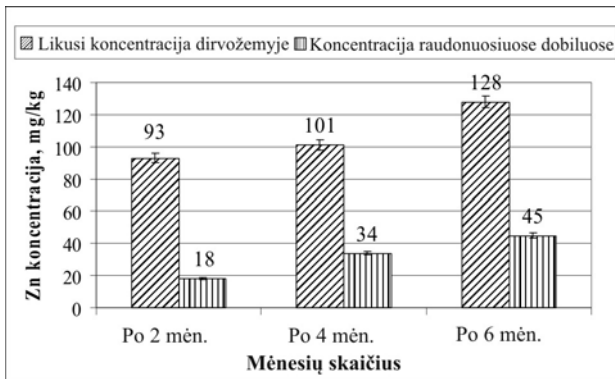
Fig. 2. Soil clean from zinc to used red clovers, when the soil pollution once time 90 mg/kg

Iš 2 paveikslo matyti, kad po 2 mėnesių raudonuosiuose dobiluose buvo 15 mg/kg cinko, po 4 mėnesių – 26 mg/kg, o po 6 mėnesių – 34 mg/kg cinko. Po 2 mėnesių dirvožemyje cinko liko 62 mg/kg, po 4 mėnesių – 57 mg/kg, po 6 mėnesių – 42 mg/kg (2 pav.). Dirvožemyje cinko koncentracija nuo 62 mg/kg sumažėjo iki 42 mg/kg, t. y. 20 mg/kg. Po 2 mėnesių cinko dirvožemyje buvo 31 % mažiau, lyginant su pradiniu užterštumo lygiu. Po 6 mėnesių cinko dirvožemyje liko iki 2,1 karto mažiau lyginant su pradiniu užterštumo lygiu.

Kai dirvožemis buvo užterštas vieną kartą 140 mg/kg cinko koncentracija, po 2 mėnesių raudonieji dobilai sorbavo apie 18 %, o po 6 mėnesių – 32 % (3 pav.). Sorbavimas buvo sąlygiškai silpnas. Tai galima sieti su per didele cinko koncentracija, kuri augalams yra kenksminga.

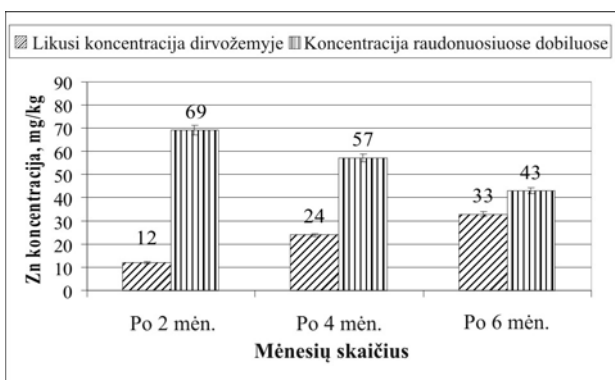
Nustatyta, kad raudonuosiuose dobiluose po 2 mėnesių cinko buvo 18 mg/kg, dirvožemyje – 93 mg/kg; po 4 mėnesių dobiluose cinko buvo 34 mg/kg, dirvožemyje – 101 mg/kg; po 6 mėnesių dobiluose cinko buvo 45 mg/kg, o dirvožemyje – 128 mg/kg. Dirvožemyje išliko nemaža cinko koncentracija (3 pav.). Didinant cinko koncentraciją dirvožemyje, mažėja dobilų sorbeinės savybės.

Dirvožemį teršiant periodiškai (palaikoma 80 mg/kg cinko koncentracija) pastebėta, kad po 2 mėnesių raudonieji dobilai cinko sorbavo iki 15 %, po 4 mėnesių – 30 %, po 6 mėnesių – 41 %. Raudonųjų dobilų sorbavimas buvo sąlygiškai geras (4 pav.).



3 pav. Cinko valymas iš dirvožemio naudojant raudonuosius dobilus, kai dirvožemis užterštas vieną kartą 140 mg/kg koncentracijos cinku

Fig. 3. Soil clean from zinc to used red clovers, when the soil pollution once time 140 mg/kg



4 pav. Cinko valymas iš dirvožemio naudojant raudonuosius dobilus, kai dirvožemis teršiamas periodiškai 80 mg/kg koncentracijos cinko tirpalu

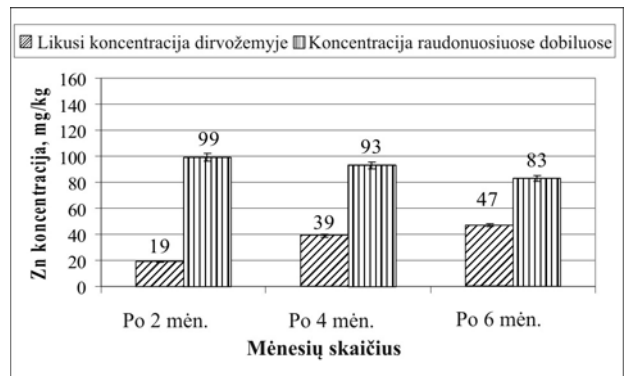
Fig. 4. Soil clean from zinc to used red clovers, when the soil pollution periodically 80 mg/kg

Gauti rezultatai leidžia teigti, kad raudonieji dobilai po 2 mėnesių cinko sorbavo iki 12 mg/kg, o dirvožemyje liko 69 mg/kg; po 4 mėnesių dirvožemyje cinko liko 57 mg/kg, dobilai sorbavo 24 mg/kg; po 6 mėnesių dobiluose buvo 33 mg/kg, o dirvožemyje – 43 mg/kg cinko. Po 2 mėnesių cinko dirvožemyje buvo 14 % mažiau lyginant su pradiniu užterštumu lygiu, po 6 mėnesių cinko dirvožemyje liko 1,9 kartus mažiau lyginant su pradiniu dirvožemio užterštumu lygiu. Raudonieji dobilai geriausiai sorbavo cinką per 6 mėnesį – dirvožemį išvalė net iki 41 % lyginant su pradiniu dirvožemio užterštumu (4 pav.).

Dirvožemis buvo teršiamas periodiškai, cinko koncentracija siekė 150 mg/kg. Gauti duomenys parodė, kad po 2 mėnesių raudonuosiuose dobiluose cinko buvo apie 13 %, po 4 mėnesių – 26 % ir po 6 mėnesių – 31 % mažiau lyginant su pradiniu užterštumu lygiu (5 pav.).

Po 2 mėnesių cinko koncentracija dirvožemyje buvo 99 mg/kg, po 4 mėnesių – 93 mg/kg, po 6 mėnesių – 83 mg/kg. Po 2 mėnesių cinko koncentracija sumažėjo iki

51 mg/kg – tai buvo 1,5 karto mažesnė koncentracija nei pradinė šio metalo koncentracija dirvožemyje, po 4 mėnesių – iki 1,6 karto, po 6 mėnesių – iki 1,8 karto lyginant su pradine cinko koncentracija dirvožemyje (5 pav.).

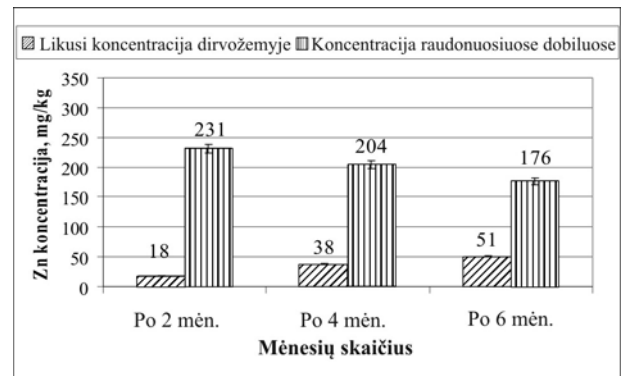


5 pav. Cinko valymas iš dirvožemio naudojant raudonuosius dobilus, kai dirvožemis teršiamas periodiškai 150 mg/kg koncentracijos cinko tirpalu

Fig. 5. Soil clean from zinc to used red clovers, when the soil pollution periodically 150 mg/kg

Kai dirvožemis buvo teršiamas 300 mg/kg cinko koncentracija, pastebėta, kad po 2 mėnesių cinko koncentracija raudonuose dobiluose buvo 18 mg/kg, po 4 mėnesių – 38 mg/kg ir po 6 mėnesių – 51 mg/kg.

Raudonieji dobilai cinką sorbavo silpnai. Pastebėta tendencija, kad kuo daugiau dirvožemyje yra cinko, tuo mažesnes koncentracijas (lyginant užtaršos lygio ir koncentracijos augale santykį) dobilai sorbuoja (6 pav.).



6 pav. Cinko valymas iš dirvožemio naudojant raudonuosius dobilus, kai dirvožemis teršiamas periodiškai 300 mg/kg koncentracijos cinko tirpalu

Fig. 6. Soil clean from zinc to used red clovers, when the soil pollution periodically 300 mg/kg

6 paveiksle matyti, kad dirvožemyje po 2 mėnesių cinko koncentracija buvo 231 mg/kg, po 4 mėnesių – 204 mg/kg, po 6 mėnesių – 176 mg/kg. Po 2 mėnesių cinko dirvožemyje buvo 23 % mažiau lyginant su pradiniu užterštumu lygiu, po 6 mėnesių – 1,7 karto mažiau, negu pradinis dirvožemio užterštumas, o augalas sorbavo 17 % cinko.

Šiuo atveju raudonieji dobilai sorbavo silpnai, nes didelė sunkiųjų metalų koncentracija buvo kenksminga tiriamiems augalams.

Išvados

1. Nustatyta, kad dirvožemį užteršus vieną kartą 45 mg/kg cinko koncentracijos tirpalu, po 6 mėnesių cinko dirvožemyje liko 3 kartus mažiau, lyginant su pradiniu dirvožemio užterštumu, o raudonieji dobilai sorbavo 64 % cinko, buvusio dirvožemyje.
2. Užteršus dirvožemį vieną kartą 90 mg/kg cinko koncentracija, pastebėta, kad po 6 mėnesių cinko liko 2,1 karto mažiau nei buvo pradinis dirvožemio užterštumo lygis, o užteršus 140 mg/kg, raudonieji dobilai po 6 mėnesių sorbavo 32 %.
3. Palaikant cinko koncentraciją dirvožemyje 80 mg/kg, gauta, kad po 6 mėnesių cinko dirvožemyje liko 1,9 karto mažiau, lyginant su pradiniu dirvožemio užterštumu lygiu, o raudonieji dobilai sorbavo 41 % cinko, buvusio dirvožemyje.
4. Pastebėta, kad palaikant dirvožemio taršą cinku 150 mg/kg, po 6 mėnesių cinko koncentracija 1,8 karto sumažėjo lyginant su pradine cinko koncentracija dirvožemyje.
5. Nustatyta, kad dirvožemį teršiant periodiškai 300 mg/kg cinko koncentracija, po 6 mėnesių cinko dirvožemyje liko 1,7 kartus mažiau lyginant su pradiniu užterštumu lygiu, o augalas sorbavo 17 % cinko, buvusio dirvožemyje.
6. Tyrimais nustatyta, kad geriausiai dirvožemis valomas raudoniesiems dobilams augant, todėl juos rekomenduojama po 4 mėnesių nupjauti, nes vykstant biocheminiams procesams iš šaknų į antžeminę augalo dalį kartu su maistingomis medžiagomis pateks daugiau cinko ir dirvožemis bus geriau valomas.

Moksliniai tyrimai buvo atliekami dalyvaujant COST programos FA0905 „Mineral Improved Crop Production for Healthy Food and Feed“ veikloje.

Literatūra

- Baronytė, V. 2005. Žolininkystės atsikovojo prarastas pozicijas, *Ūkininko patarėjas* 1–4.
- Barthel, J.; Edwards, S. 2004. Chemical stabilization of heavy metals, *Metals Treatment Technologies MT2* 3: 151–162.
- Benker, K. W. 1995. Pemowing metals from soil, *Civil Engineering* 65(10): 69–71.
- Doelsch, E.; Van de Kerchove, V.; Macary, H. S. 2006. Heavy metal content in soil of Reniunion (Indian Ocean), *Geoterdma* 134: 119–134.
- Fischerova, Z.; Tlustoš, P.; Szakova, J.; Šichorova, K. 2006. A comparison of phytoremediation capability of selected plant species for given trace elements, *Environmental Pollution* 144: 93–100.
- Gardea-Torresdey, J. L.; Peralda-Videa, J. R.; de la Rosa, G.; Parsons, J. G. 2005. Phytoremediation of heavy metals and study of the metal coordination by X – ray absorption spectroscopy, *Coordination Chemistry Reviews* 249: 1797–1810.
- Ginneken, L.; Meers, R.; Ruttens, A.; Tack, F. M. G.; Vangronsveld, J.; Diels, L.; Dejonghe, W. 2007. Phytoremediation for heavy metal contaminated soils combined with bioenergy production, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 15(4): 227–236.
- Yang, X.; Feng, Y.; He, Z.; Stoffella, P. J. 2005. Molecular mechanism of heavy metal hyperaccumulation and phytoremediation, *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 1: 339–353.
- Jankaitė, A. Jasulaitytė, G. 2009. Raudonųjų dobilų sėklų daigumo nustatymas, iš *Aplinkos apsaugos inžinerija. 12-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“, įvykusios Vilniuje 2009 m. balandžio 2 d., pranešimų medžiaga*. Vilnius: Technika, 1–3.
- Jankaitė, A.; Vasarevičius, S. 2007. Use of *Poaceae* f. Species to decontaminate soil from heavy metals, *Ekologija* 53(4): 84–89.
- Jankaitė, A.; Vasarevičius, S. 2006. Sunkiųjų metalų sorbavimo iš dirvožemio naudojant pievinę miglę (*Poa pratensis* L.), tyrimai, iš *Aplinkos apsaugos inžinerija. 9-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“, įvykusios Vilniuje 2006 m. kovo 30 d., pranešimų medžiaga*. Vilnius: Technika, 318–323.
- Jankaitė, A.; Vasarevičius, S. 2005. Sunkiaisiais metalais užterštų dirvožemių atkūrimo būdai, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 13(2): 109–113.
- Kregždys, Ž.; Daugėlienė, N. 2006. Mikroelementų efektyvumas sėjomainoje, *Žemdirbystė* 93(2): 40–53.
- Liuzinas, R.; Paunksnytė, I. 2008. Biotechnologijos aplinkosaugoje, iš *Aplinkos apsaugos inžinerijos. 11-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“, įvykusios Vilniuje 2008 m. balandžio 3 d., pranešimų medžiaga*. Vilnius: Technika, 25–35.
- Malik, A. 2004. Metal bioremediation through growing cells, *Environmental International*, 261–278.
- Mikroelementų reikšmė žemės ūkio augalų derliui ir kokybei* 2008. [interaktyvus]. [žiūrėta 2010 sausio 15 d.] Prieiga per internetą: <<http://www.arvifertis.lt/index.php/pageid/572/articlepage/4/articleid/109>>.
- Pereira, S. I. A.; Lima, A. I. G.; de Almeida Paula Figueira, E. M. 2006. Heavy metal toxicity in *Rhizobium leguminosarum* biovar viciae isolated from soils subjected to different sources of heavy-metal contamination: Effects on protein expression, *Applied Soil Ecology* 33(3): 286–293.
- Petrauskas, E. 2006. Lauko augalų tręšimo normos, *Mano ūkis* 5(4): 15–22.
- Salt, D. E.; Blaylock, M.; Kumar, N. P. B. A.; Dushenkov, V.; Ensley, B. D.; Chet, I.; Raskin, I. 1995. Phytoremediation: A Novel strategy for the removal of toxic metals from the environment using plants, *Biotechnology* 13(2): 468–474.
- Stanynas, M.; Sviklas, A. M.; Šlinkšienė, R. 2009. Amonio hidrofosfato su cinku gavimas ir savybės. Kauno technologijos universitetas, *Cheminė technologija* 4(53): 28–32.
- Zheljazzkov, V. D.; Craker, L. E.; Xing, B. 2006. Effect of Cd, Pb and Cu on growth and essential contents in dill, peppermint, and basil, *Environmental and Experimental Botany* 9–16.

CLEANING THE SOIL FROM ZINC USING RED CLOVERS "ARIMAIČIAI"

A. Mikalajūnė, G. Jasulaitytė

Abstract

Zinc as a nutrition element is required to plants in small quantities to maintain normal functions of metabolism mechanisms. Our work analyses the efficiency of red clovers "Arimaičiai" for cleaning zinc from the soil contaminated with zinc under laboratory conditions. Seeds were sown in three differently polluted soils: clean soil, once contaminated with zinc and periodically contaminated with zinc soil. Zinc concentration in one time contaminated soil was 45 mg/kg. After 6 months of phytoremediation, the remained zinc concentration in the soil was 3 times

lower comparing with the initial concentration. It was also determined that under such conditions, the uptake of red clovers made approximately 65% of zinc. Permanent soil contamination with zinc increased concentration before phytoremediation up to 80 mg/kg. After 6 months of phytoremediation, zinc concentration was determined to be 1.9 times lower. Otherwise, the soil was permanently contaminated with larger zinc quantities and after application of which reached 300 mg/kg. In this case, following half a year of phytoremediation, zinc concentration in the soil was 1.7 times lower comparing with the initial concentration after contamination. It was determined that the uptake of red clovers made approximately 17% of zinc.

Keywords: zinc, soil pollution, phytoremediation, red clovers "Arimaičiai".