

## Chelatantais suintensyvinta sunkiųjų metalų akumuliacija šiltnamyje užaugintose salotose (*Lactuca sativa* L)

Eglė Barkauskaitė, Alfreda Kasiulienė, Valdas Paulauskas

Aleksandro Stulginskio universitetas

Šio vegetacinio eksperimento metu salotos (*Lactuca sativa* L) buvo auginamos sunkiaisiais metalais užterštame dirvožemyje šiltnamio sąlygomis. Remiantis Lietuvos Higienos norma HN 60:2004, Cd, Ni, Cu ir Cr koncentracijos dirvožemyje viršijo leistinas normas. Sunkiųjų metalų fitoekstrakcijai suaktyvinti buvo naudojami metalų judrumą dirvožemyje didinantys priedai: EDTA (etilendiaminotetraacto rūgštis), EDDS (etilendiamino-N,N'-disukcino rūgštis) ir MGDA (metilglicindiacio rūgštis). Sunkiųjų metalų koncentracija salotose ir dirvožemyje buvo nustatyta ICP-OES metodu. Rezultatai parodė, kad visi naudoti chelatantai efektyviai padidino sunkiųjų metalų bioakumuliaciją salotose. Chelatantais apdorotame dirvožemyje augintos salotos sukaupe reikšmingai didesnę sunkiųjų metalų kiekį, lyginant su salotomis, augintomis užterštame, bet chelatantais neapdorotame, dirvožemyje.

*Lapinė salota (Lactuca sativa L), sunkieji metalai, užterštas dirvožemis, bioakumuliacija, fitoekstrakcija, chelatantai*

### Įvadas

Dirvožemio tarša sunkiaisiais metalais (SM) yra ypatingai pavojinga dėl jų patvarumo ir toksiškumo. Ieškant pigesnių, nereikalaujančių daug priežiūros bei sudėtingos įrangos, dirvožemio remediacijos būdų, alternatyva tampa dirvožemio fitoremediacija. Tai teršalų šalinimo iš dirvožemio technologija pagrįsta natūralia augalų hiperakumuliacija. Fitoremediacijos efektyvumą lemia ir SM prieinamumas augalams (Evangelou ir kt., 2007). Augalai lengviausiai pasisavina ir biomaseje sukaupia tuos metalus, kurie dirvožemyje yra tirpioje ar mainų frakcijose. Kai šių elementų judrumas dirvožemyje

yra didelis, tuo pačiu padidėja ir jų bioprieinamumas augalams (D'Amore et al., 2009). Deja, dažnai SM dirvožemyje būna augalams sunkiai prieinamose formose: netirpiuose neorganiniuose junginiuose (hidroksidų, oksidų, fosfatų, karbonatų pavidale), netirpiuose organiniuose kompleksuose ar adsorbuoti molio mineralų paviršiuje. Tam, kad fitoekstrakcijos metu būtų padidintas SM judrumas dirvožemyje, naudojami specifiniai cheminiai reagentai – chelatantai, sudarantys su metalo jonais stabilius, bet lengvai vandenyje tirpius chelatinis kompleksus. Kokie chelatantai, su kokiais augalais ir kokių metalų fitoekstrakcijai gali būti naudojami, matyti iš pavyzdžių, pateiktų 1 lentelėje.

**1 lentelė.** Chelatantai ir augalų rūšys naudotos suintensyvintai sunkiųjų metalų fitoekstrakcijai  
*Table 1. Chelants and plant species used for intensified heavy metal phytoextraction*

Chelatantai <i>Chelants</i>	Sunkieji metalai <i>Heavy metals</i>	Augalai akumuliantai <i>Plants accumulators</i>	Literatūros šaltiniai <i>References</i>
EDTA <i>Ethylenediamine-tetraacetate</i>	Cd, Cu, Ni, Zn, Pb	Saulėgrąža, kukurūzai, liucerna, kanapė <i>Sunflower, corn, alfalfa, cannabis</i>	Mujahid et al., 2013; Garba et al., 2012; Zeremski-Škoric et al., 2010; Nastimento, 2006
DTPA <i>Diethylenetriamine-pentaacetate</i>	Cd, Pb, Zn, Cu, Ni	Kininis kopūstas, nendrės <i>Chinese cabbage, reed</i>	Rashid et al., 2012; Mehmood et al., 2012; Nastimento, 2006
EDDS <i>Ethylenediamine-N,N'-disuccinate</i>	Pb, Zn, Cu, Cd	Juodoji kiauliuogė <i>Black nightshade</i>	Zeremski-Škoric et al., 2010; Cao et al., 2007; Merques et al., 2007
MGDA <i>Methylglycine-diacetate</i>	Pb, Fe, As, Zn	Ryžiai, Vakarinė dyvinukė <i>Rice, Marvel of Peru</i>	Rahman et al., 2012; Cao et al., 2007

Auginant augalus akumuliantus sunkiaisiais metalais užterštoje teritorijoje, chelatantai dažniausiai įterpiami tirpalo pavidale juos išlaistant. Patekę į dirvožemį šie organiniai junginiai su SM jonais sudaro patvarius chelatinis kompleksus, taip užkertant kelią nuosėdų susidarymui ir metalų sorbcijai dirvožemio mineralų paviršiuje. Dėka gero tirpumo, metalo-organiniai kompleksai patenka į dirvožemio tirpalą – tuo pačiu padidėja jų prieinamumas augalams. Kenksmingos medžiagos šaknimis išsiurbiamos iš dirvožemio ir pernašos keliu sukaupiamos augalų lapuose, stiebuose, ūgliuose ar kitose antžeminėse dalyse. Priklausomai nuo teršalų

koncentracijos, užauginta biomasa gali būti saugiai utilizuojama arba panaudojama kaip biokuras.

Pagal SM bioindikatorinių augalų skirstymą, lapinės salotos (*Lactuca sativa* L.) yra priskiriamos sunkiuosius metalus kaupiančiosioms rūšims. Lapinėms salotoms būdinga intensyvi SM akumuliacija – savo audiniuose jos gali sukaupti didelį kiekį Cu, Zn, Pb ar Hg. Kinijoje atlikto eksperimento metu, buvo tirtas SM kiekis prekybos centruose parduodamose daržovėse. Iš viso ištirtos 28 skirtingos daržovių rūšys, tokios kaip kopūstai, salotos, ridikai, burokai, morkos, svogūnai ir kt. Vienos didžiausių vidutinių Cd, Cr, Ni ir Hg koncentracijų buvo rastos

lapinių salotų sausojoje masėje (Pan et al., 2016). Be to, tyrimais įrodyta, kad salotos ypač gerai akumuluoja kadmį (Zubillaga and Lavado, 2002; Clements et al., 2006; Zorrig et al., 2013, Fontes et al., 2014). Europos Komisija, norėdama užtikrinti vartojamų daržovių saugumą, nutarimu 1881/2006 yra reglamentavusi švino ir kadmio didžiausią leidžiamą kiekį lapinių salotų drėgnojoje augalo masėje: Pb – 0,3 mg/kg, Cd – 0,2 mg/kg (Commission Regulation..., 2006).

Lapinė salota – greitai augantis augalas, puikiai tinkantis vegetaciniams eksperimentams. Auginant lapines salotas užterštame dirvožemyje galima greitai gauti atsakymą apie SM kiekį, sukauptą salotų biomasėje. Fitoelektracijos eigoje panaudoti chelatantai turėtų nulemti intensyvesnę SM akumuliaciją. Tuo pačiu greičiau sumažėtų SM kiekis užterštame dirvožemyje. Taip būtų užkertamas kelias kenksmingoms medžiagoms per maisto grandinę pasiekti žmogų. Sunkiaisiais metalais užteršta biomasė gali būti saugiai deponuota ar panaudota.

Šio darbo tikslas – ištirti šiltnamio sąlygomis augintų lapinių salotų gebą akumuluoti sunkiuosius metalus iš užteršto dirvožemio naudojant skirtingu bioirumu pasižyminčius chelatantus EDTA, EDDS ir MGDA.

## Tyrimų metodika

*Dirvožemio paruošimas.* Lapinių salotų auginimui buvo naudotas užterštas dirvožemis (UD) iš Panevėžio miesto Molainių buvusių nuotekų filtracijos laukų paviršinio sluoksnio (0-20 cm). Į šią teritoriją patekdavo buitinės bei pramonės nuotekos, kuriose buvo gausu SM.

Švarus kontrolinis dirvožemis (KD) buvo paimtas iš žemės ūkio paskirties teritorijos paviršinio sluoksnio.

Vegetaciniam bandymui skirtas dirvožemis buvo išdžiovintas iki orasausės būsenos. Siekiant pašalinti stambesnius darinius: augalų šaknis, akmenis ir kitus didesnius objektus, dirvožemis buvo nusijotas ir po to homogenizuotas.

*Vegetacinio eksperimento eiga.* Lapinės salotos buvo auginamos plastikiniuose PE vazonėliuose. Į kiekvieną jų buvo pripilta po 300 g kontrolinio arba užteršto dirvožemio ir pasėtos lapinės salotos. Iš viso buvo paruošta 12 skirtingų variantų su trimis pakartojimais.

Lapinės salotos buvo augintos šiltnamyje 36 dienas vienodomis sąlygomis. Auginimo metu buvo palaikoma pastovi  $25 \pm 2^\circ$  C temperatūra. Optimaliam drėgmės režimo palaikymui buvo išlaistomas vienodas distiliuoto vandens kiekis. Likus 10 dienų iki derliaus nuėmimo, salotos buvo palaistytos chelatanto tirpalu, kurio vienkartinė dozė buvo 1 mmol/kg arba 5 mmol/kg (1 kg orasausio dirvožemio). Naudoti skirtingi chelatantai: EDTA, kuris gamtinėje aplinkoje ilgą laiką išlieka nesuiręs, bei bioirumu pasižymintys EDDS ir MGDA.

Nupjauti salotų lapai buvo išdžiovinti termostate prie  $60^\circ$  C temperatūros, susmulkinti ir paruošti SM analizei. Sausa salotų biomasė buvo supakuota į švarius užspaudžiamus polietileno maišelius, ir laikoma sausoje, vėsioje, tamsioje vietoje iki tyrimų pradžios.

*Sunkiųjų metalų analizė.* SM instrumentinė analizė buvo atlikta indukuotos plazmos optinės emisijos spektroskopijos metodu (ICP-OES) naudojant Perkin-Elmer Optima 8000 ICP-OES spektrometrą prieš tai

mineralizavus mėginius aukštame slėgyje „šlapiuoju“ metodu.

Analitinėmis svarstyklėmis pasverti susmulkintos tiriamos augalinės medžiagos mėginiai ( $0,500 \pm 0,001$  g) buvo mineralizuoti slėgiui atspariuose tefloniniuose indeliuose paeiliui užpilant 2 ml 30 % vandenilio peroksido ( $H_2O_2$ ), 5 ml koncentruotos azoto rūgšties ( $HNO_3$ ) ir 1 ml dejonizuoto vandens. Organinės medžiagos skaidymas atliktas laboratoriniame mikrobangų mineralizatoriuje CEM Mars 5, pagal specialią programą keliant temperatūrą iki  $195^\circ$  C ir išlaikant 10 minučių. Po mineralizacijos ekstraktai lėtai atvėsinti ir praskiesti dejonizuotu vandeniu iki 100 ml.

Substrato ištraukos, kuriose buvo nustatoma bendroji SM koncentracija dirvožemyje, buvo gautos su *aqua regia* pagal ISO 11466: 1995<sup>1</sup> metodiką.

Stikliniai indai ir kitos priemonės, naudotos metalų tyrime, buvo tinkamai plaunamos ir džiovinamos. Viso eksperimento metu buvo naudoti tik gryni, cheminei analizei skirti reagentai. Rezultatų patikimumui užtikrinti buvo atliekama žinomos koncentracijos mėginių analizė.

*Duomenų apdorojimas.* SM koncentracija, spektrofotometriškai išmatuota mineralizatuose, buvo perskaičiuota į SM koncentraciją sausojoje masėje (mg/kg sm). Visi bandymai atlikti trimis pakartojimais, SM analizės rezultatai pateikiami kaip šių pakartojimų vidutinė reikšmė  $\pm$  standartinė paklaida. Microsoft Office Excel programa apskaičiuotas ir įvertintas statistinis rezultatų patikimumas; vertės  $p < 0,05$  laikytos statistiškai reikšmingomis.

Metalų bioprieinamumui įvertinti buvo apskaičiuotas bioakumuliacijos koeficientas ( $K_a$ ). Tai svarbus rodiklis, kuris naudojamas įvertinti teršalų pernašą iš aplinkos į augalus. Remiantis šiuo rodikliu, galima įvertinti ir fitoelektracijos efektyvumą. Bioakumuliacijos koeficientas yra apskaičiuojamas pagal (1) formulę:

$$K_a = C_a / C_d; \quad (1)$$

čia  $C_a$  – SM koncentracija augalo audiniuose, mg/kg sm;  
 $C_d$  – SM koncentracija dirvožemyje, kuriame augalai buvo auginami, mg/kg sm (Sun et al, 2011).

## Rezultatai ir aptarimas

Granulometrinė užteršto ir neužteršto (kontrolinio) dirvožemių sudėtis buvo nustatyta dalelių dydžio analizatoriumi Mastersizer 2000. Remiantis šio tyrimo rezultatais abu dirvožemiai priskiriami priemėliams.

Vidutinės SM (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb ir Zn) koncentracijos vegetaciniam eksperimentui naudotuose dirvožemiuose, pateiktos 2 lentelėje. Taip pat nurodytos ir kitos dirvožemių agrocheminės charakteristikos: pH, elektrinis laidumas bei maisto elementų (N, P, K) kiekis. Palyginimui pateiktos ir SM didžiausios leistinos koncentracijos (DLK) dirvožemyje pagal Lietuvoje galiojančias normas.

<sup>1</sup> ISO 11466:1995. Soil quality - Extraction of trace elements soluble in aqua regia. Geneva: International Organization for Standardization. 1995.

2 lentelė. Dirvožemio mėginių analizės duomenys  
Table 2. Analytical characteristics of soil samples

Analitė Analytes	Užterštas dirvožemis Contaminated soil	Neužterštas dirvožemis Uncontaminated soil	DLK, mg kg <sup>-1</sup> MPC**, mg kg <sup>-1</sup>
Dirvožemio tipas / Soil type*	Priesmėlis Sandy loam	Priesmėlis Sandy loam	-
Dirvožemio pH / Soil pH	8,0	7,4	-
Elektrinis laidumas, (μS) / Electric conductivity, (μS)	290	245	-
Bendras N, mg kg <sup>-1</sup> / Total N, mg kg <sup>-1</sup>	6,5	16,0	-
Judrus P (kaip P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ), mg kg <sup>-1</sup> / Mobile P (as P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ), mg kg <sup>-1</sup>	921	348	-
Judrus K (kaip K <sub>2</sub> O), mg kg <sup>-1</sup> / Mobile K (as K <sub>2</sub> O), mg kg <sup>-1</sup>	227	127	-
Cd (aqua regia tirpus), mg kg <sup>-1</sup> / Cd (aqua regia soluble), mg kg <sup>-1</sup>	31,10	0,34	3
Cr (aqua regia tirpus), mg kg <sup>-1</sup> / Cr (aqua regia soluble), mg kg <sup>-1</sup>	109,0	21,1	100
Ni (aqua regia tirpus), mg kg <sup>-1</sup> / Ni (aqua regia soluble), mg kg <sup>-1</sup>	116,0	14,8	75
Zn (aqua regia tirpus), mg kg <sup>-1</sup> / Zn (aqua regia soluble), mg kg <sup>-1</sup>	288,0	40,5	300
Pb (aqua regia tirpus), mg kg <sup>-1</sup> / Pb (aqua regia soluble), mg kg <sup>-1</sup>	25,3	9,6	100
Cu (aqua regia tirpus), mg kg <sup>-1</sup> / Cu (aqua regia soluble), mg kg <sup>-1</sup>	339,0	13,8	100

\* - based on granulometric composition

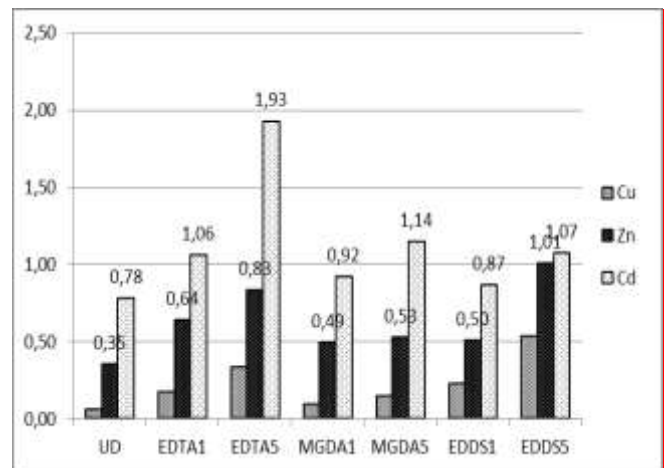
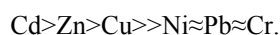
\*\* - maximum permissible concentration of heavy metal in soil according to the HN 60:2004

Abu dirvožemiai pasižymėjo silpnai bazinėmis savybėmis ir nedideliu elektriniu laidumu. Bendrojo (suminio) azoto kiekis neužterštame dirvožemyje buvo apie 2,5 karto didesnis nei užterštame dirvožemyje, tuo tarpu judriųjų fosforo ir kalio kiekis buvo didesnis užterštame dirvožemyje – atitinkamai 2,6 ir 1,7 karto.

Neužterštame dirvožemyje, kuris eksperimente buvo naudojamas kaip kontrolinis, nei vieno iš tirtų SM koncentracija neviršijo DLK. Tuo tarpu užterštame dirvožemyje net keturių metalų koncentracijos viršijo ribines vertes: Cu, Cr, Cd ir Ni. Vario koncentracija užterštame dirvožemyje viršijo DLK 3,4 karto, o kadmio – net 10 kartų, ir buvo 100 kartų didesnė, lyginant su neužterštu dirvožemiu.

SM koncentracija salotų antžeminėje dalyje labai priklausė nuo auginimo terpės. Salotose, augintose užterštame dirvožemyje, Cd koncentracija buvo 5 kartus, Cu ir Zn – 3 kartus, Ni ir Cr – apie 2 kartus didesnė, lyginant su salotomis, augintomis neužterštame dirvožemyje. Eksperimente naudotų chelatantų priedas efektyviai padidino SM akumuliaciją salotų antžeminėje dalyje. Visais atvejais 5 mM dozė buvo efektyvesnė už 1 mM dozę. EDDS stipriausiai suintensyvino Zn ir Cu kaupimą salotose, MGDA – švino; kitų metalų akumuliaciją stipriausiai suaktyvino EDTA priedas.

SM pernaša iš dirvožemio į salotų biomase skirtingiems metalams buvo labai skirtinga (1 pav.). Didžiausias bioakumuliacijos koeficientas kadmiumui siekė 2 (5 mmol/kg EDTA priedas), cinkui buvo artimas vienetai (5mmol/kg EDDS priedas), o variui viršijo 0,5 (5 mmol/kg EDDS priedas). Kitiems metalams (Pb, Ni ir Cr) bioakumuliacijos koeficientas buvo gerokai mažesnis ir svyravo 0,01-0,1 ribose. Pagal biokoncentracijos potencialą salotose tirtus sunkiuosius metalus galima išrikiuoti tokiu eiliškumu:



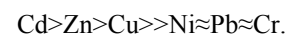
1 pav. Sunkiųjų metalų (Cu, Zn ir Cd) bioakumuliacijos koeficientai salotose, augintose užterštame dirvožemyje su chelatantų (EDTA, EDDS ir MGDA) priedais: UD – 0 mM/kg; 1 – 1 mM/kg; 5 – 5 mM/kg.  
Fig. 1. Heavy metal (Cu, Zn and Cd) bioaccumulation coefficients for lettuce grown on contaminated soil with chelant (EDTA, EDDS and MGDA) additive: UD – 0 mM/kg; 1 – 1 mM/kg; 5 – 5 mM/kg.

## Išvados

1. Salotose, augintose užterštame dirvožemyje, Cd koncentracija buvo didesnė 5 kartus, Cu ir Zn – 3 kartus, Ni ir Cr – apie 2 kartus, lyginant su salotomis, užaugintomis neužterštame dirvožemyje.

2. Chelatantas EDDS stipriausiai suintensyvino Zn ir Cu kaupimą salotų antžeminėje dalyje, MGDA – švino; tuo tarpu Cd, Ni ir Cr bioakumuliaciją salotose labiausiai suaktyvino EDTA 5 mM/kg priedas.

3. Pagal biokoncentracijos potencialą salotose, tirtus sunkiuosius metalus galima išrikiuoti tokiu eiliškumu:



## Literatūra

- EVANGELOU, M. H. W., NAUER, U., EBEL, M., SCHAEFFER, A. The influence of EDDS and EDTA on the uptake of heavy metals of Cd and Cu from soil with tobacco *Nicotiana tabacum*. *Chemosphere*, 2007, Vol. 68, Iss. 8, p. 345-353.
- CAO, A., CARUCCI, A., LAI, R., COLLA, P., TAMBURINI, E. Effect of biodegradable chelating agents on heavy metals phytoextraction with *Mirabilis jalapa* and on its associated bacteria. *European journal of soil biology*, 2007, Vol. 43, Iss. 4, p. 200-206.
- Commission Regulation (EC) No 1881/2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs [interaktyvus] / The commission of the European communities: 2006 12 19 <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/?qid=1453126057239&uri=CELEX:32006R1881> (2016 01 18).
- D'AMORE, D.V., HENNON, P. E., SCHABERG, P. G., HAWLEY, G. J. Adaptation to exploit nitrate in surface soils predispose yellow-cedar to climate induced decline while enhancing the survival of western red cedar: A new hypothesis. *Forest Ecology and Management*, 2009, Vol. 258, p. 2261-2268.
- FONTES, R. L. F., PEREIRA, J. M. N., NEVES, J. C. L. Uptake and translocation of Cd and Zn in two lettuce cultivars. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 2014, Vol. 86, Iss. 2, p. 907-922.
- GARBA, S. T., OSEMEAHON, A. S., MAINA, H., M., BARMINAS, J. T. Ethylenediaminetetraacetate (EDTA)-assisted phytoremediation of heavy metal contaminated soil by *Eleusine indica* L. Gearth. *Journal of environmental and chemical ecotoxicology*, 2012, Vol. 4, Iss. 5, p. 103-109.
- MARQUES, A. P. G. C., OLIVEIRA, R. S., SAMARDJIEVA, K. A., RANGEL, A. O. S. S., PISSARRA, J., CASTRO, P. M. L. EDDS and EDTA-enhanced zinc accumulation by *Solanum nigrum* inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi grown in contaminated soil. *Chemosphere*, 2007, Vol. 70, p. 1002-1014.
- MEHMOOD, F., RASHID, A., MAHMOOD, T., DAWSON, L. Effect of DTPA on Cd solubility in soil – Accumulation and subsequent toxicity to lettuce. *Chemosphere*, 2013, Vol. 90, Iss. 6, p. 1805-1810.
- MUHAMMAD, B. S., SHAFQAT, A., MUJAHID, F., MUHAMMAD, A. F., HAFIZ, M. T., USMAN, I., FAKHIR, H., SAIMA, A. B. Heavy metal pollution, a global problem and its remediation by chemically enhanced phytoremediation. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 2013, Vol. 3, Iss. 3, p. 12-20.
- NASCIMENTO, W. A. AMARASIRIWARDENA, D., XING B. Comparison of natural organic acids and synthetic chelates at enhancing phytoextraction of metals from a multi-metal contaminated soil. *Environmental Pollution*, 2006, Vol. 140, Iss. 3, p. 114-123.
- PAN, X. D., WU, P. G., JAING, X. G. Levels and potential health risk of heavy metals in marketed vegetables in Zhejiang, China. *Scientific reports*, 2016, Vol. 6.
- RAHMAN, M. A., RAHMAN, M. M., HASEGAWA, T. M. The significance of biodegradable methylglycinediacetic acid (MGDA) for iron and arsenic bioavailability and uptake in rice plant. *Soil science and plant nutrition*, 2012, Vol. 58, p. 627-636.
- RASHID, A., MAHMOOD T., MEHMOOD F., KHALID A., SABA B., BATOOL A., RIAZ A. Phytoaccumulation, competitive adsorption and evaluation of chelators-metal interaction in lettuce plant. *Environmental engineering and management journal*, 2014, Vol. 13, Iss. 13, p. 2583-2592.
- SUN, Y., ZHOU, Q., XU, Y., WANG, L., LIANG, X. The role of EDTA on Cadmium phytoextraction in a Cadmium-hyperaccumulator *Rorippa globosa*. *Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, 2011, Vol. 3, Iss. 2, No. 3, p. 45-51.
- ZEREMSKI-ŠKORIC, T. M., SEKULIC, P. D., MAKSIMOVIC, I. V., ŠEREMEŠIĆ, S. I., NINKOV, J. M., MILIC, S. B., VASIN, J. R. Chelate-assisted phytoextraction: effect of EDTA and EDDS on copper uptake by *Brassica napus* L. *Journal of the Serbian chemical society*, 2010, Vol. 75, Iss. 9, p. 1279-1289.
- ZORRIG, W., KHOUNI, A., GHNAYA, T., DAVIDIAN, J. C., ABDELLY, C., BERTHOMIEU, P. Lettuce (*Lactuca sativa*): a species with a high capacity for cadmium (Cd) accumulation and growth stimulation in the presence of low Cd concentrations. *The journal of horticultural science and biotechnology*, 2013, Vol. 88, Iss. 6, p. 783-789.
- ZUBBILAGA, M. S., LAVADO, S. R. Heavy metal content in lettuce plants grown in biosolids compost. *Compost science and utilization*, 2002, Vol. 10, Iss. 4, p. 363-367.

Eglė Barkauskaitė, Alfređa Kasiulienė, Valdas Paulauskas

### Chelant Intensified Heavy Metal Accumulation by Lettuce (*Lactuca sativa* L.) grown in Greenhouse Conditions

#### Summary

During the vegetative experiment lettuce (*Lactuca sativa* L.) was grown on heavy metal contaminated soil in greenhouse conditions. According to Lithuanian Hygiene normative document HN 60:2004 Cd, Ni and Cu content in soil exceeded maximum permissible concentrations. In order to increase heavy metal mobility in the soil the following chelating additives have been used: EDTA (ethylenediaminetetraacetic acid), EDDS (ethylenediamine-N,N'-disuccinic acid) and MGDA (methylglycinediacetic acid). Heavy metal content in lettuce as well as in soil was determined by ICP-OES method. Results showed that chelants effectively intensified phytoextraction of metal contaminants by lettuce used as accumulator. Lettuce grown on chelant-treated soil accumulated significantly higher heavy metal content compared with lettuce grown on contaminated but chelant-untreated, soil.

*Lettuce (Lactuca sativa L), heavy metals, contaminated soil, bioaccumulation, phytoextraction, chelating agents*

Gauta 2016 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2016 m. balandžio mėn.

**Eglė BARKAUSKAITĖ.** Aleksandro Stulginskio universiteto Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos instituto magistrantė (taikomoji ekologija). Adresas: Studentų g. 10, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (+370) 638 58 292, el. paštas: [eglude.barkauskaite@gmail.com](mailto:eglude.barkauskaite@gmail.com)  
**Alfređa KASIULIENĖ.** Aleksandro Stulginskio universiteto Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos instituto doktorantė (aplinkos inžinerija), asistentė. Adresas: Universiteto g. 10, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (+370) 675 27 512, el. paštas: [alfreda.kasiuliene@gmail.com](mailto:alfreda.kasiuliene@gmail.com)  
**Valdas PAULAUSKAS.** Aleksandro Stulginskio universiteto Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos instituto gamtos (chemijos) mokslų daktaras, profesorius. Adresas: Universiteto g. 10, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (+370) 37 752 215, el. paštas: [valdas.paulauskas@asu.lt](mailto:valdas.paulauskas@asu.lt)  
**Eglė BARKAUSKAITĖ.** Aleksandras Stulginskis University Faculty of Forestry and Ecology Institute of Environment and Ecology, MSc student of applied ecology. Address: Studentu 10, LT-53361 Akademija, Kaunas distr. Tel. (+370) 638 58 292, e-mail: [eglude.barkauskaite@gmail.com](mailto:eglude.barkauskaite@gmail.com)  
**Alfređa KASIULIENĖ.** Aleksandras Stulginskis University Institute of Environment and Ecology, PhD student (environmental engineering), assistant professor. Address: Universiteto str. 10, LT-53361 Akademija, Kaunas distr. Tel. (+370) 675 27 512, e-mail: [alfreda.kasiuliene@gmail.com](mailto:alfreda.kasiuliene@gmail.com)  
**Valdas PAULAUSKAS.** Aleksandras Stulginskis University Institute of Environment and Ecology, doctor of natural (chemistry) sciences, professor. Address: Universiteto str. 10, LT-53361 Akademija, Kaunas distr. Tel. (+370) 37 752 215, e-mail: [valdas.paulauskas@asu.lt](mailto:valdas.paulauskas@asu.lt)