



Originalni naučni rad
Original research article

Sadržaj teških metala u odabranim đubrivima koja su u upotrebi u Srbiji

Tijana Zeremski-Škorić*, Jordana Ninkov, Petar Sekulić,
Stanko Milić, Jovica Vasin, Dušan Dozet, Snežana Jakšić

Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Maksima Gorkog 30, 21000 Novi Sad

Izvod: U radu su prikazani rezultati analize sadržaja teških metala Cd, Cr, Ni i Pb u uzorcima neorganskih i organskih đubriva koja se nalaze na tržištu u Srbiji, a data je i početna procena količine teških metala koja se unose u zemljište prilikom upotrebe fosfatnih đubriva. Sadržaj teških metala u svim analiziranim neorganskim đubrivima je ispod MDK po važećem Pravilniku, a u uzorcima supstrata, koji se svrstavaju u organska đubriva, izmerena je povišena koncentracija Ni (2 uzorka) i Cr (1 uzorak). Prosečan (teorijski) unos teških metala u zemljište u Srbiji pod pretpostavkom da se godišnje po hektaru primeni 20 kg P_2O_5 niži je od evropskog proseka i blizak je podacima za Finsku i Dansku.

Cljučne reči: đubriva, teški metali, zemljište

Uvod

Jedan od osnovnih zahteva savremene poljoprivredne proizvodnje jeste postizanje visokih i stabilnih prinosa dobrog kvaliteta, a đubrenje je jedan od najvažnijih činilaca u postizanju ovih zahteva. Međutim, prilikom planiranja upotrebe đubriva treba imati na umu da su ona često izvor kontaminacije poljoprivrednog zemljišta teškim metalima (Kabata-Pendias & Pendias 2001, Dach & Starmans 2005). Kontaminacija zemljišta ovim elementima često predstavlja prvi korak pri njihovom uključivanju u lanac ishrane, a kako su teški metali izrazito postojane zagađujuće materije koje se često veoma čvrsto vezuju za pojedine frakcije zemljišta, redovna upotreba đubriva može da dovede do njihove akumulacije u oraničnom sloju (Chang & Page 2000, Nicholson et al. 2003).

U grupi neorganskih đubriva najveća koncentracija teških metala nalazi se u fosfatnoj steni (prirodni mineral bogat fosforom) koja

se koristi kao sirovina za proizvodnju fosfatnih đubriva (USEPA 1999, Otero et al. 2005). Sadržaj teških metala u fosfatnoj steni varira u zavisnosti od njenog porekla (Sabiha-Javied et al. 2009, Nziguheba & Smolders 2008, Molina et al. 2009), a posebno visoke mogu biti koncentracije Cd i As koje mogu dostići vrednosti od 170 mg kg^{-1} (Cd) odnosno 1.200 mg kg^{-1} (As) (Kabata-Pendias & Pendias 2001). U grupi organskih đubriva, kao što su stajnjak i kompost, često se mogu naći povišene koncentracije teških metala, posebno Cd koji vodi poreklo od mineralnih aditiva u stočnoj hrani (Gupta & Charles 1999, Nicholson et al. 1999).

U cilju sprečavanja kontaminacije poljoprivrednog zemljišta teškim metalima mnoge zemlje su zakonski definisale maksimalno dozvoljene koncentracije (MDK) teških metala u đubrivima, kao i maksimalne količine teških metala koje se mogu uneti u zemljište putem đubrenja (Canadian Food Inspection Agency 1997, California Code of Regulations 2001, AAPFCO 2007).

*autor za kontakt / corresponding author
(tijana@ifvns.ns.ac.rs)

Dozvoljeni sadržaji teških metala u đubrivima i maksimalne količine teških metala koje se mogu uneti u zemljište sa đubrivima definisane su u našoj državi Pravilnikom o uslovima za razvrstavanje i utvrđivanje kvaliteta sredstava za ishranu bilja, odstupanjima sadržaja hranljivih materija i minimalnim i maksimalnim vrednostima dozvoljenog odstupanja sadržaja hranljivih materija i o sadržini deklaracije i načinu obeležavanja sredstava za ishranu bilja (Službeni glasnik RS, 78/2009).

Cilj rada je upoređivanje sadržaja teških metala Pb, Cd, Cr i Ni sa vrednostima definisanim Pravilnikom putem analize sadržaja teških metala u đubrivima koja se nalaze u upotrebi u našoj zemlji, a zatim i davanje početne procene o unosu teških metala u zemljište prilikom upotrebe đubriva.

Materijal i metod rada

U periodu 2007-2009. u Laboratoriji za zemljište i agroekologiju Odeljenja za soju i agroekologiju Instituta za ratarstvo i povrtarstvo analizirano je 119 uzorka neorganskih i organskih đubriva za potrebe registracije ovih agrohemičalija na našem tržištu i kontrole kvaliteta od strane proizvođača. U zavisnosti od tipa đubriva, u uzorcima je analiziran sadržaj hranljivih elemenata N, P₂O₅, K₂O i sadržaj teških metala Cd, Cr, Ni i Pb. Analiza sadržaja hranljivih i sekundarnih elemenata je izvedena po metodama definisanim važećim Pravilnikom o metodama za ispitivanje đubriva (Službeni list SRJ, 60/2000) i odgovarajućim SRPS standardima. Za potrebe određivanja sadržaja teških metala u đubrivima, uzorci su samleveni, potom je odmeren 1 g uzorka i tretiran sa 20 ml cHNO₃ i 3 ml H₂O₂ na temperaturi ključanja u trajanju od 30 minuta. Nakon toga, dobijeni rastvor je profiltriran, kvantitativno prenešen u odmerni sud od 50 ml i dopunjen dejonizovanom vodom do oznake. U dobijenim rastvorima je analiziran sadržaj Cd, Cr, Ni i Pb pomoću indukovano kuplovane plazme ICP-OES Vista-Pro, Varian. U tabeli 1. prikazan je broj analiziranih uzoraka u odnosu na vrstu, odnosno tip đubriva.

Tab. 1. Broj analiziranih uzoraka đubriva u odnosu na vrstu i tip

Tab. 1. Number of analyzed fertilizer samples by category and type

Vrsta đubriva / Fertilizer category	Tip / Type	Broj uzoraka / No. of samples
Neorgansko / Inorganic	NPK	70
	NP	6
	NK	4
	PK	7
	N	8
	K	3
	P	2
Organsko / Organic	glisnjak/wormcast	2
	organsko/organic	5
	stajnjak/manure	7
	supstrat/substrate	5
Ukupno/Total		119

Rezultati i diskusija

U tabelama 2. i 3. prikazan je opseg i srednja vrednost koncentracije Cd, Cr, Ni i Pb u analiziranim neorganskim i organskim đubrivima. Na osnovu dobijenih rezultata utvrđeno je da je prosečna koncentracija Ni i Pb u neorganskim đubrivima čak 10 do 50 puta niža od maksimalno dozvoljene koncentracije po važećem Pravilniku. Prosečna koncentracija ovih elemenata u analiziranim đubrivima nešto je niža od prosečnih koncentracija u đubrivima koja se primenjuju u Austriji (Sager 1997) i Engleskoj (Nicholson et al. 2003). Sadržaj olova u organskim đubrivima takođe je veoma nizak, dok je u uzorcima supstrata izmerena visoka koncentracija nikla. Prisustvo nikla je detektovano u četiri od pet analiziranih uzoraka supstrata, a u dva uzorka je koncentracija Ni bila iznad 70 mg/kg.

Sadržaj Cr u neorganskim đubrivima varira u širokom opsegu koncentracija. Prosečne koncentracije Cr više su u đubrivima koje sadrže fosfate nego u đubrivima bez fosfata, što ukazuje na njegovo moguće poreklo iz fosfatne sirovine. Ove rezultate potvrđuju i ispitivanja Nziguheba & Smolders (2008) i Molina et al. (2009). Hrom je detektovan u 65 % uzoraka neorganskih i 84 % uzoraka organskih đubriva. U tri uzorka neorganskih đubriva izmerena je koncentracija

Cr preko 100 mg kg⁻¹, međutim, sva tri uzorka imaju sadržaj P₂O₅ iznad 5 % pa je maksimalno dozvoljen sadržaj Cr u ovakvim đubrivima 500 mg/kg prema Pravilniku. U jednom

uzorku supstrata izmerena je koncentracija od 75 mg kg⁻¹ hroma, što je iznad maksimalno dozvoljene vrednosti koja iznosi 70 mg kg⁻¹ prema Pravilniku.

Tab. 2. Opseg i srednja vrednost standardna devijacija koncentracija teških metala u analiziranim neorganskim đubrivima (n = broj uzoraka u kojima je detektovan posmatrani element)

Tab. 2. Range and mean value standard deviation of heavy metal concentrations found in inorganic fertilizers analyzed (n = number of samples in which a particular element was detected)

Tip đubriva Fertilizer type	Cd (mg kg ⁻¹)	Cr (mg kg ⁻¹)	Ni (mg kg ⁻¹)	Pb (mg kg ⁻¹)
NPK	0,52-6,38	0,66-127,33	0,91-18,16	0,37-6,86
	2,02	15,26	5,18	1,54
	1,13	24,62	3,88	1,48
	(n=31)	(n=46)	(n=38)	(n=34)
NP	4,75	2,90-112,97	0,71-15,57	0,78-0,79
		27,98	4,63	0,79
		47,57	6,19	0,007
	(n=1)	(n=5)	(n=5)	(n=2)
NK	(n=0)	(n=0)	1,08	(n=0)
			(n=1)	
PK	4,51-9,52	6,29-79,75	8,43-19,30	1,00-2,44
	6,46	37,27	14,68	1,45
	1,98	26,61	4,13	0,67
	(n=5)	(n=7)	(n=5)	(n=4)
N		2,10-3,83	1,01-10,38	1,29
		2,87	4,24	
		0,88	4,18	
	(n=0)	(n=3)	(n=4)	(n=1)
P	6,34	7,26-91,99	2,03-9,46	1,52-3,76
		49,62	5,75	2,64
		59,91	5,25	1,58
	(n=1)	(n=2)	(n=2)	(n=2)
K		2,03-17,38	1,55-12,99	2,55
		9,70	5,91	
		10,85	6,18	
	(n=0)	(n=2)	(n=3)	(n=1)
MDK*	3 ^a	100 ^a	100	100
	75 mg/kg P ₂ O ₅ ^b	500b		

*Pravilnik o uslovima za razvrstavanje i utvrđivanje kvaliteta sredstava za ishranu bilja, odstupanjima sadržaja hranljivih materija i minimalnim i maksimalnim vrednostima dozvoljenog odstupanja sadržaja hranljivih materija i o sadržini deklaracije i načinu obeležavanja sredstava za ishranu bilja (Službeni glasnik RS, 78/2009).

a za neorganska đubriva sa manje od 5 % P₂O₅ / for inorganic fertilizers with less than 5 % P₂O₅

b za neorganska đubriva sa više od 5 % P₂O₅ / for inorganic fertilizers with more than 5 % P₂O₅

Kadmijum ima visoku toksičnost i pokretljivost u sistemu zemljište-biljka-voda, zbog čega se posebna pažnja poklanja mogućnosti akumulacije i kontaminacije zemljišta ovim elementom. Zbog svoje mobilnosti često se nagomilava u nadzemnim delovima biljaka. (Puschereiter & Horak 2000). U ljudskom organizmu se nagomilava u kori bubrega kao posledica hroničnog izlaganja i pri koncentracijama većim od 200 mg kg⁻¹ telesne težine izaziva ozbiljne poremećaje u njihovom funkci-

onisanju (Fassett 1980). U organizam se najčešće unosi hranom. Procenjuje se da dugogodišnja upotreba fosfatnih đubriva bogatih kadmijumom u Austriji, Danskoj, Grčkoj, Irskoj i Velikoj Britaniji za posledicu ima porast koncentracije Cd u oraničnom sloju zemljišta u rasponu od 4 % do 43 %. U Finskoj i Belgiji se upotrebljavaju fosfatna đubriva sa nižim sadržajem Cd, pa je procenjeno da je u periodu od 100 godina sadržaj Cd i zemljištu porastao za najviše 11 % (Nordic Council of Ministers 2003).

Tab. 3. Opseg i srednja vrednost standardna devijacija koncentracija teških metala u analiziranim organskim đubrivima (n = broj uzoraka u kojima je detektovan posmatrani element)

Tab. 3. Range and mean value standard deviation of heavy metal concentrations found in organic fertilizers analyzed (n = number of samples in which a given element was detected)

Tip đubriva Fertilizer type	Cd (mg kg ⁻¹)	Cr (mg kg ⁻¹)	Ni (mg kg ⁻¹)	Pb (mg kg ⁻¹)
Organsko Organic	0,92	2,34-62,33	7,33-40,00	1,38-14,58
		23,16	17,43	5,57
		27,44	15,19	6,10
	(n=1)	(n=4)	(n=4)	(n=4)
Supstrat Substrate	0,46-0,68	26,10-75,55	48,30-96,38	9,38-26,88
	0,57	47,12	66,91	16,79
	0,12	18,65	22,67	7,68
	(n=4)	(n=5)	(n=4)	(n=5)
Stajnjak Manure	0,70-1,57	7,90-35,33	1,39-27,58	3,76-11,97
	1,12	17,60	13,25	6,88
	0,43	9,88	8,66	3,54
	(n=3)	(n=6)	(n=7)	(n=6)
Glisnjak Wormcast	0,77	18,74	1,04-19,45	12,71
			10,25	
			13,01	
	(n=1)	(n=1)	(n=2)	(n=1)
MDK*	1	70	70	50

*Pravilnik o uslovima za razvrstavanje i utvrđivanje kvaliteta sredstava za ishranu bilja, odstupanjima sadržaja hranljivih materija i minimalnim i maksimalnim vrednostima dozvoljenog odstupanja sadržaja hranljivih materija i o sadržini deklaracije i načinu obeležavanja sredstava za ishranu bilja (Službeni glasnik RS, 78/2009).

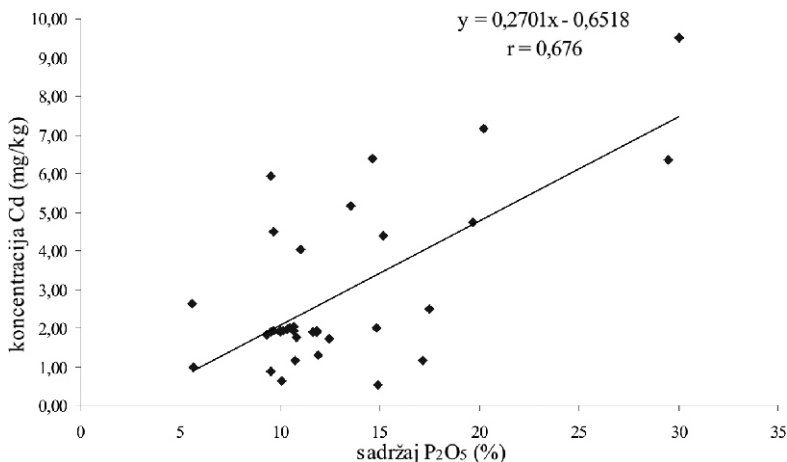
U ovom radu kadmijum je detektovan u 38 % uzoraka neorganskih i 47 % uzoraka organskih đubriva. Koncentracija kadmijuma u neorganskim đubrivima kreće se u opsegu od 0,52 mg kg⁻¹ do 9,52 mg kg⁻¹, što je značajno niže od raspona koncentracija kadmijuma u đubrivima u Engleskoj (0,1 mg/kg do 41,6 mg kg⁻¹) prema Marks (1996) i Evropskoj uniji (0,7 mg kg⁻¹ do 42 mg kg⁻¹) prema Nziguheba & Smolders (2008). Koncentracija Cd je viša od 3 mg/kg u deset uzoraka, ali kako su u pitanju uzorci sa sadržajem P₂O₅ iznad 10 %, ove koncentracije su niže od maksimalno dozvoljenih prema važećem Pravilniku. Sadržaj Cd u uzorcima organskih đubriva niži je nego u neorganskim i najviša izmerena vrednost je bila 1,57 mg kg⁻¹ u uzorku stajnjaka. Ovo je u skladu sa podacima koje navode Gupta & Charles (1999) da se u stajnjaku često može detektovati Cd koji najčešće vodi poreklo iz mineralnih aditiva u stočnoj hrani. Nziguheba & Smolders (2008) i Molina et al. (2009) navode da su fosfatne sirovine najčešći izvor kadmijuma u neorganskim đubrivima, što je potvrđeno i ovim istraživanjem. Naime, u đubrivima bez fosfatne komponente (NK, N i K) nije detektovano prisustvo

ovog elementa, a u đubrivima koja sadrže fosfate utvrđena je značajna korelacija (r=0,676) između sadržaja ovog hraniva i koncentracije Cd. Ova zavisnost je prikazana na grafikonu 1.

U cilju izračunavanja prosečne i teorijski maksimalne količine teških metala koje se u toku jedne godine putem đubriva unose u poljoprivredno zemljište, pretpostavili smo da se oni unose putem fosfatnih đubriva, budući da ona sadrže značajno veću količinu teških metala u odnosu na druga đubriva. Ne postoje pouzdani podaci o potrošnji neorganskih đubriva u Srbiji. Prema podacima iz Statističkog godišnjaka (prema formularima koje šalju preduzeća) u 2007. prosečna potrošnja P₂O₅ iznosila je oko 16 kg ha⁻¹, ali se procenjuje da je ova količina realno veća za oko 30 % budući da društvena i privatna poljoprivredna preduzeća neažurno vode ove podatke. Za potrebe proračuna u ovom radu, pretpostavili smo da se u našoj zemlji prosečno upotrebljava 20 kg ha⁻¹ P₂O₅ a maksimalno 100 kg ha⁻¹ P₂O₅ godišnje. Koncentracije teških metala smo izrazili u odnosu na sadržaj P₂O₅ (mg kg⁻¹ P₂O₅) i za proračun prosečnog unosa upotrebili smo srednje vrednosti koncentracija teških metala, a za maksi-

malni unos najveće izmerene koncentracije. U tabeli 4. prikazane su izračunate prosečne i maksimalne vrednosti za godišnji unos teških metala u poljoprivredna zemljišta u Srbiji, te

procenjeni prosečni unosi teških metala u zemljište đubrenjem u drugim zemljama u Evropi.



Graf. 1. Koncentracija Cd u zavisnosti od sadržaja P₂O₅ u neorganskim đubrivima
Fig. 1. Cd concentration as affected by P₂O₅ content in inorganic fertilizer

Tab. 4. Procenjeni godišnji unos teških metala đubrenjem u zemljama EU (Nzigubeba & Smolders 2008) i procenjeni srednji i maksimalni unos teških metala putem fosfatnih đubriva u Srbiji
Tab. 4. Estimated input of heavy metals in soils via fertilizers in EU countries (Nzigubeba & Smolders 2008) and the average (theoretical) heavy metal input in Serbian soils

Država / Country	Potrošnja / Usage of P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	Cd (g ha ⁻¹)	Cr (g ha ⁻¹)	Ni (g ha ⁻¹)	Pb (g ha ⁻¹)
Austrija	37	1,3	21,0	2,8	0,7
Belgija	31	1,2	13,1	1,7	0,3
Danska	20	0,5	8,5	3,4	0,5
Finska	29	0,1	1,5	0,8	0,8
Francuska	49	2,5	28,6	5,7	2,3
Nemačka	33	1,3	23,4	3,8	0,7
Irska	78	1,8	21,5	3,7	2,5
Italija	50	2,0	22,1	2,8	0,7
Holandija	45	1,9	10,6	4,9	0,6
Portugalija	50	3,1	42,3	6,2	0,7
Španija	48	1,9	34,7	4,8	1,6
Švedska	20	0,1	1,7	0,7	0,4
Evropa-prosek	43	1,6	20,7	3,6	1,0
SRBIJA-Prosek / Average*	20	0,4	2,5	0,8	0,2
SRBIJA-MAX**	100	6,2	86,8	18,2	12,1

* Proračun je baziran na prosečnim koncentracijama teških metala / Calculation based on average concentrations of heavy metals
**Proračun je baziran na najvišim izmerenim koncentracijama teških metala / Calculation based on maximum tested concentrations of heavy metals

Pod pretpostavkom da se godišnje po hektaru primeni 20 kg P₂O₅ prosečan (teorijski) unos teških metala u zemljište u Srbiji niži je od evropskog proseka i blizak je podacima za Finsku i Dansku. Naš Pravilnik dozvoljava da se u zemljište u toku dve godine unese maksimalno 10 g ha⁻¹ Cd, 600 g ha⁻¹ Cr, 400 g ha⁻¹ Ni i 600 g ha⁻¹ Pb. Sa ovakvom potrošnjom đubriva u zemljište se unose višestruko niže količine teških metala, međutim u slučaju potrošnje 100 kg ha⁻¹ P₂O₅ koji sadrži teške metale u najvišim izmerenim koncentracijama, unos kadmijuma u zemljište bi za dve godine iznosio 12,4 g ha⁻¹ što je više od dozvoljenog, dok bi unos drugih teških metala i dalje bio ispod dozvoljenog.

Zaključak

Sadržaj teških metala u svim analiziranim neorganskim đubrivima je ispod MDK po važećem Pravilniku, dok je u organskim đubrivima - supstratima izmerena povišena koncentracija Ni (2 uzorka) i Cr (1 uzorak). Fosfatna đubriva sadrže veću količinu teških metala u odnosu na đubriva bez fosfata i postoji izražena pozitivna korelacija između sadržaja Cd i količine P₂O₅ u đubrivima. Prosečan (teorijski) unos teških metala u zemljište u Srbiji je niži od evropskog proseka i višestruko niži od unosa koji je definisan važećim Pravilnikom. Da bi se stekla preciznija slika o opterećenju poljoprivrednog zemljišta teškim metalima neophodno je imati preciznije podatke o potrošnji đubriva u našoj zemlji i analizirati sadržaj teških metala u svim đubrivima koja sadrže fosfatnu komponentu.

Literatura

AAPFCO (2007): Model for Fertilizers Regulation in North America. AAPFCOs statement of uniform interpretation and policy (SUIP#25). The heavy metal rule. Official publication NN60. American Association of Plant Food Control Officials. <http://www.aapfco.org/aapfcorules.html> (citirano 4. novembar 2009).

California Code of Regulations (2001): Title 3: Food and agriculture, Division 4: Plant industry, Chapter 1: Chemistry, Subchapter 1: Fertilizing materials, Article 1: Standards and labeling, 2302: Non-nutritive standards. <http://ccr.oal.ca.gov> (citirano 4. novembar 2009).

Canadian Food Inspection Agency (1997): Tradememorandum T-4-9, Standards for metals in fertilisers and supplements. <http://www.inspection.gc.ca/english/plaveg/fereng/memo/t-4-0e.shtml> (citirano 4. novembar 2009).

Chang A, Page A (2000): Trace element slowly accumulating, depleting in soils. California Agriculture 54, 49-55

Dach J, Starman D (2005): Heavy metals balance in Polish and Dutch agronomy: Actual state and provisions for the future. Agriculture Ecosystems & Environment 107: 309-316

Fassett D W (1980): Cadmium. In: Waldron, H. A. (Ed.): Metals in the environment. Academic Press, London

Gupta G, Charles S (1999): Trace elements in soils fertilized with poultry litter. Poultry Science 8:1695-1698

Kabata-Pendias A, Pendias H (2001): Trace Elements in Soils and Plants, 3rd ed. CRC Press, Boca Raton, FL, USA

Marks M (1996): Survey of the trace contaminants in phosphatic fertilizers. Experiment Report for MAFF project GS0201/GS0202. London, MAFF

Molina M, Aburto F, Calderon R, Cazanga M, Escudery M (2009): Trace Element Composition of Selected Fertilizers Used in Chile: Phosphorus Fertilizers as a Source of Long-Term Soil Contamination. Soil and Sediment Contamination 18: 497-511

Nicholson A, Chambers J, Williams R, Unwin J (1999): Heavy metal contents of livestock feeds and animal manures in England and Wales. Bioresource Technology 70: 23-31

Nicholson F, Smith S, Alloway B, Carlton-Smith C, Chambers B (2003): An inventory of heavy metals inputs to agricultural soils in England and Wales. Science of the Total Environment 311: 205-219

Nordic Council of Ministers, Cadmium Review (Jan. 2003), http://www.who.int/ifcs/documents/forums/forum5/nmr_cadmium.pdf (citirano 4. novembar 2009).

Nziguheba G, Smolders E (2008): Input of trace elements in agricultural soil via phosphate fertilizers in European countries. Science of the total environment 390: 53-57

Otero N, Vitoria L, Soler A, Canals A (2005): Fertiliser characterization: major, trace and rare earth elements. Applied. Geochemistry 20: 1473-1488

Puschenreiter M & Horak O (2000): Influence of different soil parameters on the transfer factor soil to plant of Cd, Cu, and Zn for wheat and rye. Die Bodenkultur 51: 3-10

Sabiha-Javied T, Mehmood M, Chaudhry M, Tufail I (2009): Heavy metal pollution from phosphate rock used for the production of fertilizer in Pakistan. Microchemical Journal 91: 94-99

Sager M (1997): Possible trace metal load from fertilizers. Die Bodenkultur 48: 217-233

USEPA (1999): Background Report on Fertilizer Use, Contaminants and Regulations, EPA 747-R-98-003. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Pollution Prevention and Toxics, Washington, DC, USA

Heavy metal content in some fertilizers used in Serbia

Tijana Zeremski-Škorić, Jordana Ninkov, Petar Sekulić,
Stanko Milić, Jovica Vasin, Dušan Dozet, Snežana Jakšić

Institute of Field and Vegetable Crops, Maksima Gorkog 30, 21000 Novi Sad

Summary: Levels of heavy metals Cd, Cr, Ni and Pb obtained by analysis of inorganic and organic fertilizers available on the Serbian market are discussed in this paper. The first estimation of the heavy metal input in soils due to use of phosphate fertilizers is also given. The heavy metal contents of all analysed inorganic fertilizers were below the MAC according to the current Serbian regulations. Elevated concentrations of Ni were detected in two and a high Cr concentration in one sample of the substrates. The average (theoretical) heavy metal input in Serbian soils was calculated based on the application of 20 kg ha⁻¹ P₂O₅ per year. The calculated heavy metal input was lower than European average and it is similar to the inputs recorded in Finland and Denmark.

Key words: fertilizers, heavy metals, soil

Primljeno / Received: 10.11.2009.

Prihvaćeno / Accepted: 30.11.2009.