

Sadržaj teških metala u oglejenom černozeu sremske lesne terase pod usevom lucerke

Snežana Jakšić • Petar Sekulić • Jovica Vasin

received: 25 October 2011, accepted: 26 June 2012

© 2012 IFVC

doi:10.5937/ratpov49-1142

Izvod: Proizvodnja visokokvalitetne stočne hrane od lucerke uslovljena je ne samo sadržajem hranljivih materija, nego i odsustvom štetnih elemenata, kao što su teški metali. Ispitivanja ukupnog sadržaj teških metala (Ni, Cr, Pb i As) u zemljištu oglejeni černozeu sremske lesne terase, na području mesta Hrtkovci, pod usevom lucerke (*Medicago sativa* L.) izvedena su tokom 2011. radi utvrđivanja pogodnosti za proizvodnju zdravstveno bezbedne stočne hrane. Ukupan sadržaj Pb, As i Cr u ispitivanim uzorcima je bio ispod maksimalno dozvoljene količine. Sadržaj arsena, hroma i nikla bio je veći u površinskom sloju zemljišta, za razliku od olova, čiji je sadržaj bio veći u dubljem sloju. Pozitivna korelaciona veza konstatovana je između ukupnog sadržaja nikla, hroma i arsena. Utvrđen je povećan sadržaj Ni, iznad maksimalno dozvoljene količine. Neophodna je dalja kontrola njegovog sadržaja, kao i ispitivanje pristupačnosti i ekstrakcije od strane biljaka, kako bi se sprečio njegov ulazak u lanac ishrane i obezbedila proizvodnja zdrave hrane.

Gljučne reči: černozeu, kontaminacija zemljišta, lucerka, teški metali

Uvod

Proizvodnja visokokvalitetne stočne hrane od lucerke uslovljena je ne samo sadržajem hranljivih materija, nego i odsustvom štetnih elemenata, kao što su teški metali. Poreklo teških metala je iz litosfere, tako da njihova koncentracija u zemljištu zavisi od sadržaja u stenama iz kojih je potekao matični supstrat (Ubavić & Bogdanović 1995). Međutim, često se dešava da su pojedini teški metali u nekim zemljištima zastupljeni u većim količinama nego što je njihov sadržaj u matičnoj steni na kojoj je zemljište formirano. Ova pojava je posledica antropogenog uticaja, s obzirom na veliki broj industrijskih postrojenja, topionica, termoelektrana, automobila, hemijskih sredstava i drugih zagađivača (Džamić & Stevanović, 2000). Novija istraživanja ukazuju na sve veće prisustvo teških metala i u poljoprivrednim zemljištima (Markoski et al. 2011), koje je dodatno ugroženo sve većom i neadekvatnom primenom hemijskih sredstava, otpadnih i komunalnih voda i muljeva, te mineralnih đubriva. Najveću opasnost predstavljaju fosforna đubriva, za čiju proizvodnju se kao sirovina koriste sirovi fosfati, koji sadrže veću količinu teških metala.

Zakonom o poljoprivrednom zemljištu u Republici Srbiji uređuje se planiranje, uređenje i korišćenje poljoprivrednog zemljišta (Sekulić i sar. 2011a). Maksimalno dozvoljene količine (MDK) opasnih i štetnih materija u zemljištu i vodi za navodnjavanje, koje mogu da oštete ili promene proizvodnu sposobnost poljoprivrednog zemljišta i kvalitet vode za navodnjavanje, koje dolaze ispuštanjem iz fabrika, izlivanjem deponija, nepravilnom upotrebom mineralnih đubriva i sredstava za zaštitu bilja, regulisane su Pravilnikom o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu i vodi za navodnjavanje i metodama njihovog ispitivanja (Službeni glasnik RS, br. 23/1994). Njihovo ponašanje u zemljištu uslovljeno je mnogobrojnim faktorima, koji mogu uticati na njihovu mobilnost i akumulaciju od strane biljaka, a najznačajniji su reakcija zemljišta, sadržaj organske materije i koloidne gline (Pelivanoska et al. 2011). Pored ovih i drugi faktori mogu uticati na njihovu mobilnost i štetno dejstvo, kao što su vlažnost, sadržaj kalcijum-karbonata, hidratizirani oksidi gvožđa i aluminijuma, kapacitet razmene katjona, redoks potencijal, nivo podzemne vode i dr. (Kastori i sar. 2003).

Ispitivano zemljište pripada redu automorfni, klasi humusno-akumulativnih, tipu černozeu, podtipu na lesu i lesolikim sedimentima, te varijetetu oglejeni černozeu, s građom profila A_{mo}-AC-C. Osnovna karakteristika ovog zemljišta

S. Jakšić* • P. Sekulić • J. Vasin
Institute of Field and Vegetable Crops, Maksima Gorkog 30, 21000
Novi Sad, Serbia
e-mail: snezana.jaksic@ifvns.ni.ac.rs

je akumulacija humusa i to da je bliska podzemna voda uslovlila oglejavanje matičnog supstrata. Zemljište se odlikuje povoljnim fizičko-hemijskim svojstvima i pogodno je za proizvodnju lucerke, ukoliko kontaminacija teškim metalima ne bi bila ograničavajući faktor. Ranije ispitivanje sadržaja teških metala (Pb, Cd, As i Hg) u uzorcima lucerke, koji su sakupljeni sa 16 lokaliteta u Vojvodini, pokazuju da su samo koncentracije žive, i to u četiri uzorka, bile veće od dozvoljenih, dok je u svim ostalim uzorcima sadržaj bio niži od maksimalno dozvoljenog (Mihaljev et al. 2008).

Cilj rada je da prikaže ukupan sadržaj teških metala: olova, hroma, nikla i arsena u zemljištu oglejeni černoze, na području geomorfološke celine sremske lesne terase, lokalitet Hrtkovci, pod usevom lucerke (*Medicago sativa* L.) i pruži odgovor da li je navedeno zemljište pogodno za bezbednu proizvodnju stočne hrane.

Materijal i metod rada

Ispitivanja su izvedena na geomorfološkoj celini sremska lesna terasa, na poljoprivrednim površinama mesta Hrtkovci u Vojvodini, koje po klasifikaciji Škorića i sar. (1985) pripadaju oglejenom černoze. Na ispitivanim površinama je zasnovana proizvodnja lucerke.

Uzorkovanje zemljišta je izvršeno na osam lokaliteta, tokom maja 2011. godine, u drugoj proizvodnoj godini lucerke. Uzorci zemljišta su uzeti u narušenom stanju, agrohemijskom sondom sa dve dubine: 0-30 cm i 30-60 cm. Prikupljeni uzorci su vazdušno sušeni i samleveni mlinom za zemljište do veličine čestica < 2 mm prema SRPS/ISO 11464:2004. Za određivanje ukupnog sadržaja teških metala: olova, arsena, hroma i nikla, primenjena je digestija zemljišta u zatvorenom mikrotalasnom sistemu ETHOS1 Milestone po

metodi US EPA 3051a i determinacija na ICP-OES Vista Pro-Axial Varian. Sadržaj humusa određen je metodom po Tjurinu. Sadržaj kalcijum-karbonata je određen volumetrijskom metodom ISO 10693:1995. Određivanje pH vrednosti je izvršeno potenciometrijskom metodom ISO 10390: 2005.

Sadržaj ispitivanih elemenata je izražen na vazdušno suvi uzorak. Za obradu rezultata analize korištena je deskriptivna statistika i prosta korelaciona analiza (Statistica 10.0).

Rezultati i diskusija

Oglejeni černoze na području Hrtkovaca obrazovan je na lesu ili pretaloženom lesu. Ne sadrži karbonate u profilu do ispitivane dubine (Tab. 1). Reakcija zemljišta je slabo kisela, dok sadržaj humusa svrstava ovo zemljište u klasu slabo humoznih zemljišta.

Vrednosti maksimalno dozvoljenih količina za olovo, hrom, nikl i arsen u R. Srbiji prikazane su u tabeli 2 (Službeni glasnik RS, br. 23/1994). Zemljište se ne preporučuje se za poljoprivrednu proizvodnju ukoliko sadrži veću količinu od maksimalno dozvoljene.

Rezultati analize ukupnog sadržaja olova, hroma, nikla i arsena u zemljištu ispitivanih lokacija u mestu Hrtkovci prikazani su u tabeli 3. Elementarno olovo i njegova jedinjenja su veoma otrovni. Upotrebom u industriji, te sagorevanjem benzina u motorima vozila, kojem se dodaje kao aditiv, olovo kontaminira površinu zemljišta. Dinamika olova u zemljištu uslovljena je sadržajem gline i organske materije, te pH vrednošću, a utvrđena je njegova velika adsorpcija od strane zemljišta, što dovodi do slabe pokretljivosti u zemljišnom profilu. U našem ispitivanju utvrđena je slaba negativna korelaciona veza između

Tabela 1. Neka hemijska svojstva oglejenog černoze u Hrtkocima

Table 1. Some chemical properties in gleyic chernozem of Hrtkovci

Lokaliteti uzorkovanja Sampling location	Hemijska svojstva Chemical properties					
	Humus %		pH (KCl)		CaCO ₃ %	
	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60
Lokalitet 1	1,54	1,93	5,83	6,50	0,00	0,00
Lokalitet 2	1,64	1,56	6,46	6,50	0,00	0,04
Lokalitet 3	1,76	1,67	6,18	6,29	0,00	0,00
Lokalitet 4	1,58	1,56	5,60	5,75	0,00	0,00
Lokalitet 5	2,07	1,59	5,61	5,61	0,00	0,00
Lokalitet 6	2,28	1,74	5,74	5,59	0,00	0,00
Lokalitet 7	1,97	1,75	6,15	6,41	0,08	0,08
Lokalitet 8	2,10	1,49	5,76	6,31	0,08	0,00

Tabela 2. Maksimalno dozvoljene količine teških metala u zemljištu (mg/kg)
Table 2. Maximal permitted concentrations of heavy metals in soil (mg/kg)

Hemijski element Chemical element	MDK u zemljištu (mg/kg) MPC in soil (mg/kg)
Olovo (Pb)	100
Arsen (As)	25
Hrom (Cr)	100
Nikl (Ni)	50

ukupnog sadržaja Pb i pH vrednosti zemljišta, kao i sadržaja humusa (Tab. 4). Njegov sadržaj je veoma varijabilan, što je posledica matičnog supstrata, na kojem je zemljište obrazovano i najčešće se kreće od 0,1 do 20 mg/kg (Ubavić i Bogdanović 1995). U ispitivanim uzorcima sadržaj olova je bio u intervalu od 27,98 do 30,32 mg/kg, što znači da je sadržaj olova u zemljištu svih ispitivanih lokaliteta ispod MDK. Prosečan sadržaj Pb je bio veći na dubini 30-60 cm u odnosu na površinski sloj zemljišta 0-30 cm. S obzirom da zemljište nije kontaminirano ovim teškim metalom, kao i da se manja količina nalazi u površinskom sloju, u kojem inače dolazi do akumulacije, može se zaključiti da je prvenstveno poreklom iz matičnog supstrata. Ovo je razumljivo, pošto su ispitivani lokaliteti udaljeni od saobraćajnica i drugih potencijalnih zagađivača. Čuvarđić i sar. (2004) prilikom ispitivanja zemljišta Vojvodine konstatovali su da nijedan ispitivani lokalitet nije imao povećanu koncentraciju olova. Slične rezultate su dobili Brankov i sar. (2006) prilikom ispitivanja nepoljoprivrednog zemljišta Vojvodine. U ispitivanjima sadržaja olova u zemljištima Srema (Popović 2008) na 7 lokaliteta utvrđena je opterećenost olovom na 2 lokaliteta

i to u 28,5 % uzoraka, a stepen kontaminacije zemljišta sa Pb se progresivno smanjivao njihovim udaljavanjem od velikih saobraćajnica.

Arsen se u zemljištu nalazi najčešće u obliku sulfidnih minerala, a retko u elementarnom stanju. Njegova jedinjenja su veoma otrovna, a pored primene u industriji, korišten je i u poljoprivredi protiv biljnih štetočina, što može biti uzrok njegove povećane koncentracije u zemljištima. Njegov sadržaj u zemljištu najčešće se kreće u intervalu od 2 do 20 mg/kg (Ubavić i Bogdanović 1995), a zbog njegove velike adsorpcije i akumulacije, najveća koncentracija ovog metala je u površinskom sloju zemljišta, što je potvrđeno i ovim ispitivanjem. Naime, prosečan sadržaj As je bio veći u površinskom sloju u odnosu na dublji sloj zemljišta. Najveći uticaj na mobilnost arsena u zemljištu imaju pH vrednost, te sadržaj Fe, Al, Ca i Mg. U odsustvu gline i organske materije, koje ga adsorbuju, može doći do njegovog ispiranja u dublje slojeve. U našem ispitivanju utvrđena je statistički značajna negativna korelaciona veza između ukupnog sadržaja As i pH vrednosti zemljišta. Između sadržaja humusa i ukupnog sadržaja As korelaciona veza je bila slaba. Ukupan sadržaj

Tabela 3. Ukupan sadržaj teških metala u oglejenom černozeu Hrtkovaca (mg/kg)
Table 3. Total content of heavy metals in gleyic chernozem of Hrtkovci (mg/kg)

Lokaliteti uzorkovanja Sampling location	Ukupan sadržaj (mg/kg) Total content (mg/kg)							
	Pb		Ni		As		Cr	
	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60
Lokalitet 1	28,85	29,64	64,48	56,08	9,10	7,30	74,16	48,65
Lokalitet 2	28,78	29,05	60,66	62,27	7,00	7,40	57,17	61,55
Lokalitet 3	28,43	29,47	59,22	56,02	7,00	7,00	54,88	49,43
Lokalitet 4	30,32	30,17	60,37	54,81	8,30	7,40	61,33	47,11
Lokalitet 5	29,10	30,25	58,26	64,12	8,20	8,10	54,44	75,07
Lokalitet 6	28,68	29,73	58,32	61,94	7,20	7,50	54,18	62,70
Lokalitet 7	27,98	29,82	57,37	57,34	7,70	8,00	50,05	51,51
Lokalitet 8	28,96	29,85	64,08	58,33	8,20	7,20	74,07	52,25
Prosek Mean	28,89	29,75	60,34	58,86	7,82	7,49	60,03	56,03

arsena je bio u intervalu od 7.00 do 9.10 mg/kg, što je ispod maksimalno dozvoljene koncentracije. U ispitivanjima sadržaja teških metala u 44 vinograda male površine u Vojvodini, Ninkov i sar. (2010) nisu zabeležili prekoračenje granične vrednosti za As, a prosečna vrednost je iznosila 10.98 mg/kg. Ispitivanjem sadržaja As u dolini reke Save utvrđeno je da je njegov sadržaj u granicama dozvoljenog u većini ispitivanih uzoraka, a prekoračenje granične vrednosti je zabeleženo jedino u blizini odlagališta pepela rudarskog basena (Maksimović et al. 2011).

Hrom se u zemljištu nalazi isključivo u obliku jedinjenja, a količine su u intervalu od 5 do 100 mg/kg (Ubavić i Bogdanović 1995), ali se često mogu naći i mnogo veće koncentracije čak do 3400 mg/kg (Markoski et al. 2011), posebno kod zemljišta obrazovanih na serpentinitima. U poljoprivredno zemljište može doći i primenom mulja, komposta od otpadaka, te primenom fungicida. Hrom se veoma čvrsto veže u zemljištima bogatim glinom i organskom materijom, te je veoma slabo pokretljiv i adsorbuje se u površinskom sloju dubine 5-10 cm. Ovo je u skladu sa našim ispitivanjima, gde je prosečni sadržaj Cr veći u površinskom sloju u odnosu na dublji sloj zemljišta. Na lokalitetima 1, 3, 4 i 8 zabeležen je znatno veći sadržaj Cr u površinskom sloju zemljišta, što je posledica antropogenog uticaja. Naime, unošenjem nekih organskih đubriva, otpadnog mulja i drugih poljoprivrednih materijala u zemljište, u površinskom sloju može da se akumulira velika količina teških metala. Nriagu i Pacyna (1988) procenjuju da je ukupno godišnje dospevanje u zemljišta sveta iz svih poljoprivrednih izvora 480-1300 t Cr. U ogleđu McGrath i Lane (1989) sadržaj Cr se, nakon dugogodišnje primene otpadnog mulja na peskovitom zemljištu, povećao sa 26 mg/kg na 126 mg/kg. Na pokretljivost hroma takođe utiču pH vrednost i redoks potencijal. U našem ispitivanju utvrđena je slaba negativna korelaciona veza između ukupnog sadržaja Cr i pH vrednosti zemljišta, kao i sadržaja humusa. Ukupan sadržaj hroma je bio u intervalu od 47,11 do 75,07 mg/kg, te su svi uzorci analiziranih lokaliteta u granicama

nekontaminiranog zemljišta. Ispitivanjem sadržaja Cr u dolini reke Save utvrđeno je da je njegov sadržaj u granicama dozvoljenog i kreće se od 50 mg/kg do 75 mg/kg (Maksimović et al. 2011). U ispitivanjima kvaliteta poljoprivrednog zemljišta u Vojvodini, Čuvarđić i sar. (2004) su zabeležili da je sadržaj hroma je bio u intervalu od 6,87 do 177,67 mg/kg zemljišta, što znači da je u znatnom broju uzoraka koncentracija bila veća od maksimalno dozvoljene, što je bila posledica antropogenog uticaja. Ispitivanjem kvaliteta nepoljoprivrednog zemljišta Vojvodine, Sekulić i sar. (2011b) su utvrdili povećani sadržaj hroma samo u 2 uzorka od 47 ispitivanih i njegovo poreklo je bilo geohemijsko.

Nikl se u zemljištu nalazi u količini od 5 do 500 mg/kg (Ubavić & Bogdanović 1995) i to u obliku sulfatnih, bakarnih i silikatnih minerala. Povećani sadržaj imaju zemljišta obrazovana na serpentinitima, ali on takođe može biti posledica antropogenog uticaja usled primene otpadnih i kanalizacionih muljeva, đubriva, tečnog stajnjaka ili blizine industrijskih postrojenja, rudnika i drugih zagađivača (Bogdanović 2007). Njegova koncentracija u zemljištu takođe zavisi od pH vrednosti, sadržaja humusa i gline. U našem ispitivanju utvrđena je slaba negativna korelaciona veza između ukupnog sadržaja Ni i pH vrednosti zemljišta, kao i sadržaja humusa. Konstatovan je povećan ukupan sadržaj nikla, koji se kretao u intervalu od 54,81 do 64,48 mg/kg, čime je prekoračena maksimalno dozvoljena količina. Prosečan sadržaj Ni je bio veći u površinskom sloju u odnosu na dublji sloj zemljišta. Znatno veći sadržaj Ni zabeležen je u površinskom sloju lokaliteta 1, 3, 4 i 8 u odnosu na dublji sloj zemljišta, te se može pretpostaviti da je antropogenog porekla. Poljoprivredni materijali, otpadni muljevi i atmosferski depozit uzrok su akumuliranja većih količina Ni u površinskom sloju zemljišta. Nriagu i Pacyna (1988) procenjuju da se godišnje na ovaj način ukupno unese u zemljište od 106 do 544 x 10³ t Ni. Na ostalim lokalitetima sadržaj Ni je veći u dubljem sloju, te se može pretpostaviti da je geohemijskog porekla. Prema ispitivanjima Sekulića

Tabela 4. Koeficijenti korelacije između koncentracija ispitivanih teških metala i nekih svojstava zemljišta
Table 4. Correlation coefficients between concentration of studied heavy metals and some soil properties

	Pb	As	Cr	pH	humus
Ni	-0,07	0,54*	0,96*	-0,31	-0,15
Pb		0,12	0,04	-0,23	-0,49
As			0,65*	-0,51*	-0,05
Cr				-0,44	-0,12

* Korelacija je značajna na nivou 0,05 / Correlation is significant at the level of 0.05

i sar. (2005), te Nešić i sar. (2008) prisustvo teških metala Pb, Cd, Ni i Cr u zemljištima Vojvodine posledica je matičnog supstrata na kome je zemljište obrazovano. Ukupni sadržaj nikla je bio povišen na 10 lokaliteta od 37 ispitivanih. Na osnovu niskog sadržaja pristupačnog oblika nikla, zaključeno je da nije posledica antropogenog zagađenja, već je njegovo poreklo geohemijsko. Ispitivanja Dozet i sar. (2011) su takođe dokazala povišen sadržaj nikla u černozeu Srema, a prosečna vrednost je bila 70,33 mg/kg. Sekulić i sar. (2011) monitoringom kvaliteta nepoljoprivrednog zemljišta Vojvodine su zabeležili u 25 od ukupno 47 uzoraka povećani sadržaj nikla (max. 131,90 mg/kg), ali je na osnovu ranijih istraživanja, kao i njegove pristupačnosti konstatovano da je geohemijskog porekla. Nešić i sar. (2009) su ispitivanjem promena kvaliteta zemljišta Srema i Južne Bačke u periodu 1992-2008 konstatovali povećan sadržaj ukupnog nikla u manjem broju uzoraka. Povećan sadržaj Ni je zabeležen i u ispitivanju Popović (2002) u 65% ispitivanih lokaliteta Srema, pri čemu su najveće vrednosti imali industrijski lokaliteti.

Korelacionom analizom utvrđena je statistički vrlo jaka pozitivna veza između ukupnog sadržaja hroma i nikla, što je bilo i očekivano s obzirom na poreklo iz matičnog supstrata. Značajnu pozitivnu korelacionu vezu imao je ukupan sadržaj As sa Cr i Ni. Između sadržaja Pb i ostalih elemenata korelaciona analiza nije pokazala značajnu povezanost. Visoka pozitivna korelacija je utvrđena u ispitivanjima ukupnog sadržaja Ni, Cr i As u dolinama reka Save, Dunava i Velike Morave (Maksimović et al. 2011). Ovu povezanost Ni i Cr su konstatovali i Markoski et al. (2011) ispitujući mlada zemljišta u dolini Crnog Drima.

Zaključci

Ukupan sadržaj olova u ispitivanim uzorcima oglejenog černoze bio je u intervalu od 27,98 do 30,32 mg/kg, što znači da nema kontaminacije ovim elementom, jer je utvrđeni sadržaj ispod maksimalno dozvoljene količine. Nije zabeležena ni kontaminacija arsenom, koji je u ispitivanim uzorcima zemljišta bio u intervalu od 7,0 do 9,10 mg/kg, što je ispod propisane granične vrednosti. Utvrđena je statistički značajna negativna korelaciona veza između ukupnog sadržaja As i pH vrednosti zemljišta. S obzirom da se ukupan sadržaj hroma kretao od 47,11 do 75,07 mg/kg, svi uzorci analiziranih lokaliteta zadovoljavaju kriterijume nekontaminiranog zemljišta. Sadržaj arsena, hroma i nikla bio je veći u površinskom sloju, za razliku od olova, čiji je veći sadržaj konstatovan u dubljem sloju zemljišta.

Konstatovana je pozitivna korelaciona veza između ukupnog sadržaja nikla, hroma i arsena. Utvrđen je povećan sadržaj nikla u ispitivanim uzorcima, a kretao se u intervalu od 54,81 do 64,48 mg/kg, čime je prekoračena maksimalno dozvoljena količina. Neophodna je dalja kontrola njegovog sadržaja, kao i ispitivanje pristupačnosti i ekstrakcije od strane biljaka, kako bi se sprečio njegov ulazak u lanac ishrane i obezbedila proizvodnja zdrave hrane.

Literatura

- Bogdanović D (2007): Izvori zagađenja zemljišta niklom, Letopis naučnih radova, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 21-28
- Brankov M, Ubavić M, Sekulić P, Vasin J (2006): Sadržaj mikroelemenata i teških metala u poljoprivrednim i nepoljoprivrednim zemljištima banata. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo 42: 169-178
- Čuvardić M, Hadžić V, Sekulić P, Kastori R, Belić M, Govedarica M, Nešić L, Pucarević M, Vasin J (2004): Kontrola kvaliteta poljoprivrednog zemljišta i vode za navodnjavanje Vojvodine. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo 40: 115-127
- Dozet D, Nešić L, Belić M, Bogdanović D, Ninkov J, Zeremski T, Dozet D, Banjac B (2011): Poreklo i sadržaj nikla u aluvijalnodeluvijalnim zemljištima Srema. Ratar. Povrt. 48: 369-374
- Džamić R, Stevanović D (2000): Agrohemija. Pertenon, Beograd
- Kastori R, Sekulić P, Petrović N, Arsenijević-Maksimović I (2003): Osvrt na granične vrednosti sadržaja teških metala u zemljištu u nas i u svetu. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo 38: 49-58
- Maksimović S, Mrvić V, Pivić R, Stanojković A, Maksimović J (2011): The content of total forms of As, Cr, Ni and Pb in the soil surrounding the mining-energy complexes Kostolac, Obrenovac and Lazarevac. Proc 1st International scientific conference „Land, usage and protection“, Andrevlje, 177-183
- Markoski M, Mitkova T, Pelivanoska V, Jordanoska B, Prentović T (2011): Investigation of the content of heavy metals in agricultural soils in the reon of Struga. Proc 1st International scientific conference „Land, usage and protection“, Andrevlje, 49-54
- Mcgrath SP, Lane PW (1989): An explanation for the apparent losses of metals in a long-term field experiment with sewage sludge. Environ. Pollut. 60: 235-56
- Mihaljev Ž, Živkov-Baloš M, Pavkov S, Stojanović D (2008). Sadržaj toksičnih elemenata u uzorcima lucerke sa područja Vojvodine. Savremena poljoprivreda 57: 35-38
- Nešić Lj, Belić M, Manojlović M, Sekulić P, Pucarević M, Vasin J, Ćirić V, Zeremski Škorić T, Ninkov J (2009): Promene kvaliteta zemljišta Srema i južne Bačke u sklopu monitoringa 1992-2008. XII Kongres Društva za proučavanje zemljišta Srbije, Andrevlje, 32-33
- Nešić Lj, Belić M, Manojlović M, Pucarević M (2008): Fertility status and hazardous and harmful residues in the soils of Srem (Serbia), Eurosoil, Book of Abstracts, University of Natural Resources and Applied Life Sciences (BOKU) Vienna, Austria, August 2008, 286
- Ninkov J, Zeremski-Škorić T, Sekulić P, Vasin J, Milić S, Paprić Đ, Kurjački I (2010): Teški metali u zemljištima vinograda Vojvodine. Ratar. Povrt. 47: 273-279
- Nriagu J O, Pacyna J M (1988): Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals. Nature 333: 134-9
- Pelivanoska V, Jordanoska B, Filipovski K, Mitkova T, Markoski M (2011): Heavy metal content in soil and tobacco leaves at the region of Skopje, Republic of Macedonia, Proc 1st International scientific conference „Land, usage and protection“, Andrevlje, 55-60
- Popović V (2002): Određivanje rezidualnih količina teških metala odabranog lokaliteta u cilju zaštite životne sredine. Magistarski rad, Novi Sad, 1-88
- Popović V, Đukić V, Dozet G (2008): Distribution and Accumulation of lead in soil and wheat, Proceedings, The Second Joint PSU-UNS International Conference on BioScience: Food, Agriculture and Environment, 290-295
- Pravilnik o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu i vodi za navodnjavanje i metodama njihovog ispitivanja, Sl. Glasnik RS, br. 23/1994.
- Sekulić P, Jakšić S, Grahovac N (2011a): Zakonska regulativa za opasne i štetne materije, problematika rezidua pesticida u zemljištu, Proc 1st International Scientific Conference „Land, usage and protection“, Andrevlje, 184-196
- Sekulić P, Ninkov J, Zeremski-Škorić T, Vasin J, Milić S (2011b): Monitoring kvaliteta zemljišta AP Vojvodine, Proc 1st International Scientific Conference „Land, usage and protection“, Andrevlje, 70-75
- Sekulić P, Hadžić V, Lazić N, Bogdanović D, Vasin J, Pucarević M, Ralev J, Zeremski-Škorić T (2005): Monitoring nepoljoprivrednog zemljišta Vojvodine, Životna sredina ka Evropi, Beograd
- Škorić A, Filipovski G, Ćirić M (1985): Klasifikacija zemljišta Jugoslavije. Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine, Posebna izdanja, knjiga LXXVIII, Sarajevo
- Ubavić M, Bogdanović D (1995): Agrohemija, Poljoprivredni Fakultet, Novi Sad

Content of Heavy Metals in Gleyic Chernozem of Srem Loess Terrace under Alfalfa

Snežana Jakšić • Petar Sekulić • Jovica Vasin

Summary: Production of high-quality forage from alfalfa is influenced not only by the presence of nutrients, but also by the absence of harmful elements, such as heavy metals. The examination of the total heavy metals content (Ni, Cr, Pb and As) in gleyic chernozem soil of Srem loess terrace in Hrtkovci, under alfalfa (*Medicago sativa* L.) were carried out in 2011 in order to determine suitability for the production of safe forage. The total content of Pb, As and Cr was below the maximum permitted concentrations. The content of As, Cr and Ni was higher in the surface layer, unlike Pb, whose content was higher in the deeper layers of soil. A significant positive correlation was found between the total content of Ni, Cr and As. An increased concentration of Ni was found, which was above the maximum permitted concentration. It is necessary to further control its content and accessibility examination and extraction from plants, to prevent its entry into the food chain and provide safe food.

Key words: alfalfa, chernozems, heavy metals, soil contamination