



Originalni naučni rad
Original research article

Teški metali u zemljištima vinograda Vojvodine

Jordana Ninkov^{1*}, Tijana Zeremski-Škorić¹, Petar Sekulić¹,
Jovica Vasin¹, Stanko Milić¹, Đorđe Paprić², Igor Kurjački³

¹Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Maksima Gorkog 30, 21000 Novi Sad

²Poljoprivredni fakultet, Trg Dositeja Obradovića 8, 21000 Novi Sad

³Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srbije,
Generalni inspektorat, Bulevar Mihajla Pupina 10, 21000 Novi Sad

Izvod: U ovom radu prikazani su rezultati ispitivanja sadržaja teških metala u zemljištima vinograda individualnih proizvođača sa 44 parcele širom Vojvodine i detaljnija ispitivanja sadržaja teških metala u vinogradima na tri lokaliteta (Sr. Karlovci, Banoštor i Vršac) u poređenju sa kontrolom. Generalno gledano, zemljišta vinograda Vojvodine nisu opterećena teškim metalima osim bakrom, što je posledica dugotrajne i intenzivne primene fungicida na bazi bakra. U zemljištu 44 vinograda malih površina postoje lokalna zagađenja Cr i Zn na po jednom lokalitetu, dok je sadržaj Ni koji premašuje MDK u 9 uzoraka sa Fruške gore geohemijskog porekla. Na osnovu drugog dela istraživanja, sadržaj svih teških metala osim Cu je ispod MDK, međutim u poređenju sa kontrolom sadržaj As, Cd, Co, Cr, Ni i Pb je veći u zemljištu vinograda usled antropogenog uticaja primenom agrohemijskih. Naveća koncentracija Cu od 336 mg kg⁻¹ zabeležena je u Petrovaradinu u površinskom sloju zemljišta, što je vrednost tri puta veća od MDK (100 mg kg⁻¹). Od ukupno analiziranih 226 uzoraka po svim dubinama, 44 uzorka premašuje MDK. Posebno je nepovoljno što u površinskom sloju zemljišta svih ispitivanih vinograda 23 % spada u zonu kritične koncentracije (>60 mg kg⁻¹) a 33 % premašuje MDK, što pokazuje da je na više od polovine ispitivanih vinograda u Vojvodini potrebno sprovesti monitoring, procenu rizika i redukciju primene bakarnih preparata.

Cljučne reči: bakar, teški metali, vinograd, zemljište

Uvod

Teški metali predstavljaju poseban rizik po agroekostistem budući da su veoma postojani, te se u cilju postizanja održivosti poljoprivrede posvećuje najveća pažnja preventivnim merama njihovog unosa (Mooleenaar & Beltrami 1998). Glavni izvor teških metala u poljoprivrednom zemljištu je primena agrohemijskih, a prvom redu mineralnih i organskih đubriva (Adriano 2001, Kabata-Pendias & Pendias 2001). Pored toga, zemljišta vinograda su dodatno ugrožena bakrom kao posledica primene fungicida na bazi

bakra koji se koriste već više od 100 godina (Dixon 2004). Intenzivna i dugotrajna primena ovih preparata dovodi do akumulacije Cu u površinskom sloju zemljišta budući da je on veoma slabo mobilan kroz zemljišni profil (Kabata-Pendias & Pendias 2001), što opet dovodi do niza negativnih posledica koje predstavljaju ograničavajući faktor za biljnu proizvodnju (Besnard et al. 2001). Najveći negativni uticaj nastaje usled toksičnosti Cu jona na zemljišni živi svet

Ovo istraživanje je deo projekta TR 20082 Ministarstva nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije / This research is a part of the project TR 20082 of Ministry of science and technological development of the Republic of Serbia.

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

(Paoletti et al. 1998, Merrington et al. 2002, Viti et al. 2008) čime se narušava niz prirodnih procesa u zemljištu. Brojna aktuelna istraživanja sadržaja bakra u vinogradima širom sveta ukazuju na veoma ozbiljan rizik korišćenja bakarnih preparata, koji su se do sada paradoksalno smatrali bezbednim u odnosu na ostale pesticide (Dixon 2004). Najnovija istraživanja pokazuju da ovaj problem nije zaobišao ni naša zemljišta (Ristić et al. 2006, Ninkov i sar. 2007). Osim toga, CuSO_4 kao sirovina za pravljenje fungicida na bazi bakra u sebi sadrži velike koncentracije drugih teških metala, posebno Zn i Pb (Mirlean et al. 2005, Mirlean et al. 2007). Vojvodina poseduje nedovoljno iskorišćen potencijal i dugu tradiciju u vinogradarstvu poput ostalih delova Srbije, te je očuvanje zemljišta od velikog značaja za prosperitet vinogradarstva u našoj zemlji.

Materijal i metod rada

Uzorci zemljišta individualnih proizvođača (ukupno 88 uzorka) sa 44 parcele iz Vojvodine pod vinogradima prikupljeni su

2006. i 2007. tokom Akcije kontrole plodnosti zemljišta finansirane od strane Pokrajinskog sekretarijata za poljoprivredu, vodoprivredu i šumarstvo. Proizvođači su uzorkovali zemljište sa dve dubine (0-30 cm i 30-60 cm) po principima kontrole plodnosti. Posmatrani vinogradi pripadaju različitim katastarskim opštinama širom Vojvodine i relativno su malih površina (od 0,01 ha do 1,5 ha).

U drugom delu istraživanja sprovedeni su detaljni terenski radovi na tri lokaliteta: Ogljedno dobro za vinogradarstvo Poljoprivrednog fakulteta Novi Sad u Sremskim Karlovcima, vinograd Bononia u Banoštoru vlasništvo porodice Šijački i u Vršačkim vinogradima a.d. (Tab. 1) a uzeto je ukupno 138 uzoraka zemljišta. Uzorci su prikupljeni pomoću agrohemijske sonde sa 3 dubine (0-15 cm, 15-30 cm i 30-60 cm), jedan reprezentativni uzorak predstavlja 15-25 pojedinačnih uzoraka, zavisno od veličine ispitivane parcele. Po istim principima istovremeno sa uzimanjem uzoraka zemljišta iz vinograda, kao kontrola uzorkovano je i okolno zemljište iz obližnjih šuma i poljoprivrednih površina koje nisu bile pod zasadom vinograda.

Tab. 1. Opis uzorkovanih lokaliteta vinograda
Tab. 1. Description of sampled vineyard sites

Lokalitet / Site	Sremski Karlovc	Banoštor	Vršac
GPS koordinate / GPS coordinates	45°11' N, 19°55' E	45°11' N, 19°36' E	45°06' N, 21°20' E
Br. uzoraka iz vinograda No of samples of vineyards	36	9	63
Analizirana površina vinograda Area of vineyards	7,5 ha	3,5 ha	156 ha
Br. uzoraka kontrole No of control samples	12	9	9
Tip zemljišta Soil type	Rendzina Rendzina	Černozem Chernozem	Smonica i Regosol Smonitza and Regosol
Datum uzorkovanja Date of sampling	juli / July 2007	juli / July 2008	oktobar / October 2008

Laboratorijske analize su urađene u Laboratoriji za zemljište i agroekologiju Instituta za ratarstvo i povrtarstvo koja je akreditovana od strane ATS prema standardu SRPS ISO/IEC 17025:2006. Prikupljeni uzorci su vazdušno sušeni i samleveni mlinom za zemljište do veličine čestica <2 mm (ISO 11464:1994). Ukupan sadržaj teških metala je određen digestijom zemljišta sa carskom vodom (IHNO_3 : 3HCl) po metodi ISO 11466:1995. Sadržaj

metala određen je pomoću indukovano kuplovane plazme ICP-OES na Vista Pro-Axial, Varian. Za proveru tačnosti primenjene metode korišćen je IRMM BCR referentni materijal CRM-141R i CRM-142R, dobijene vrednosti su bile u opsegu 10 % od certifikovanih vrednosti.

Statistička obrada podataka izvršena je analizom varijanse dvofaktorijskog oglada uz primenu Fišerovog testa najmanje značaj-

ne razlike. Deskriptivnom statistikom utvrđene su aritmetička sredina, standardna greška i standardna devijacija. Za statističku obradu korišćen je program Statistica for Windows version 8.0 (StatSoft, 2007).

Rezultati i diskusija

Na osnovu rezultata analiza uzoraka iz Akcije kontrole plodnosti (Tab. 2), vinogradi malih površina u individualnom vlasništvu generalno nisu opterećeni teškim metalima, osim niklom koji je geohemijskog porekla i bakrom koji je antropogenog porekla usled primene bakarnih fungicida. Sadržaj As, Cd, Co i Pb je ispod MDK (maksimalno dozvoljena koncentracija) prema važećem Pravilniku za poljoprivredna zemljišta (Sl. Gl. RS, 23/94) u svim ispitivanim uzorcima i dobijene vrednosti kreću se u uobičajenom intervalu za vojvodanska zemljišta. Sadržaj Cr je povišen u jednom ispitivanom uzorku dubine 0 cm do 30 cm sa lokaliteta Bukovac (107 mg/kg), ali je ova vrednost bliska dozvoljenoj (100 mg/kg). Sadržaj Zn je značajno povišen jedino na lokalitetu Rivica na dubini 30 cm do 60 cm sadržaj Zn je čak tri puta veći od MDK, dok je na dubini 0 cm do 30 cm vrednost

bliska MDK. Istovremeno, uzorci zemljišta sa ovog lokaliteta nisu opterećeni povišenim sadržajem nijednog drugog teškog metala, te je do kontaminacije verovatno došlo iz lokalnog izvora. Sadržaj Ni je povišen (>MDK) u 18 ispitivanih uzoraka od ukupno 88 analiziranih. Budući da svi ispitivani uzorci potiču sa Fruške gore (Bukovac, Petrovaradin, Beočin, Sr. Kamenica, Sr. Karlovci) kao i da su povišene vrednosti Ni istovremeno zabeležene na obe dubine sa malom varijacijom po istom lokalitetu, možemo tvrditi da je Ni geohemijskog porekla. Na osnovu ranijih istraživanja (Vasin i sar. 2004) utvrđeno je da zemljišta Fruške gore imaju sadržaj Ni koji se kreće u intervalu od 40 mg/kg do 60 mg/kg, a na osnovu njegovog niskog pristupačnog sadržaja utvrđeno je da je Ni geohemijskog porekla. Na lokalitetu Bukovac zabeležena je vrednost Ni od 159 mg/kg i 160 mg/kg (0-30 cm i 30-60 cm), koja je znatno povišena od MDK i uobičajenih vrednosti za Srem, u ovom vinogradu je potrebno izvršiti dalja istraživanja eventualnog antropogenog zagađenja, jer je istovremeno opterećen povišenim sadržajem Cr u koncentraciji bliskoj dozvoljenoj.

Tab. 2: Srednja vrednost, standardna greška i standardna devijacija sadržaja teških metala na dve dubine 44 vinograda malih površina u Vojvodini

Tab. 2: Mean value, standard error and standard deviation of heavy metals content in two soil depths from 44 small vineyards of Vojvodina

Dubina Depth	As (mg kg ⁻¹)	Cd (mg kg ⁻¹)	Co (mg kg ⁻¹)	Cr (mg kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)	Ni (mg kg ⁻¹)	Pb (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)
0-30								
\bar{x}	10,97	0,36	12,70	40,94	60,08	41,96	20,02	78,22
se	0,60	0,02	0,56	2,60	9,36	3,59	1,09	6,53
(sd)	(3,98)	(0,12)	(3,69)	(17,25)	(62,11)	(23,83)	(7,23)	(43,32)
30-60								
\bar{x}	10,24	0,33	12,49	41,57	41,54	42,28	17,81	87,88
se	0,61	0,02	0,56	2,93	6,06	3,75	0,87	20,28
(sd)	(4,08)	(0,013)	(3,72)	(19,46)	(40,20)	(24,89)	(5,76)	(134,52)
MDK	25	3	/	100	100	50	100	300

Visok sadržaj Cu je antropogenog porekla i u ukupno 10 uzoraka sa 6 lokaliteta (u Petrovaradinu tri vinograda, N. Bečeje, Vršac i Zrenjanin) premašuje MDK. Na svim ovim zagađenim zemljištima Cu je povišen u površinskom sloju zemljišta (0 cm do 30 cm), a na četiri lokaliteta istovremeno i u dubljem sloju

zemljišta (30 cm do 60 cm). Prosečna vrednost u površinskom sloju zemljišta je na nivou kritične koncentracije (Schramel et al. 2000, Wightwick et al. 2006). Maksimalna zabeležena vrednost na lokalitetu Petrovaradin u površinskom sloju zemljišta iznosi 336 mg kg⁻¹.

Tab. 3: Srednja vrednost, standardna greška i standardna devijacija ukupnog sadržaja teških metala na lokalitetu Sr. Karlovci u poređenju sa kontrolom

Tab. 3: Mean value, standard error and standard deviation of total heavy metals content on Sr. Karlovci site as compared with control sample

Metal MDK MAC (mg kg ⁻¹)	Vinograd / Vineyard			Kontrola / Control		
	0-15 cm	15-30 cm	30-60 cm	0-15 cm	15-30 cm	30-60 cm
	\bar{x} se (sd)	\bar{x} se (sd)	\bar{x} se (sd)	\bar{x} se (sd)	\bar{x} se (sd)	\bar{x} se (sd)
As	13,32 ^a	13,38 ^a	13,59 ^a	12,32 ^a	12,33 ^a	12,18 ^a
MDK 25	0,25 (0,88)	0,26 (0,89)	0,27 (0,93)	0,91 (1,82)	1,16 (2,31)	1,53 (3,06)
Cd	0,49 ^a	0,43 ^{ab}	0,35 ^c	0,36 ^{bcd}	0,34 ^{bcd}	0,25 ^d
MDK 3	0,02 (0,09)	0,02 (0,06)	0,02 (0,08)	0,07 (0,12)	0,05 (0,11)	0,02 (0,04)
Co	14,30 ^a	14,15 ^a	14,36 ^a	13,57 ^a	13,57 ^a	13,42 ^a
MDK /	0,27 (0,95)	0,23 (0,80)	0,22 (0,75)	0,93 (1,86)	1,07 (2,15)	1,38 (2,76)
Cr	42,89 ^{ab}	44,95 ^{ab}	46,05 ^a	39,72 ^b	39,54 ^b	41,04 ^{ab}
MDK 100	1,14 (3,94)	1,46 (5,05)	1,40 (4,85)	1,79 (3,58)	3,53 (7,06)	4,74 (9,47)
Cu	79,36 ^a	59,80 ^{bc}	49,13 ^{cd}	47,20 ^{cde}	44,43 ^{de}	35,26 ^e
MDK 100	4,2 (13,98)	3,6 (12,1)	3,4 (11,4)	7,3 (16,3)	7,3 (16,3)	5,7 (12,7)
Ni	40,93 ^{ab}	41,80 ^{ab}	42,68 ^a	37,60 ^b	37,57 ^b	37,35 ^b
MDK 50	1,02 (3,53)	1,14 (3,97)	1,16(4,03)	1,81 (3,62)	2,80 (5,59)	3,71 (7,42)
Pb	21,65 ^a	21,15 ^a	25,15 ^a	19,46 ^a	18,38 ^a	17,18 ^a
MDK 100	0,45 (1,56)	0,51 (1,76)	5,26 (18,22)	0,87 (1,75)	1,57 (3,14)	1,90 (3,79)
Zn	77,38 ^a	76,04 ^a	69,30 ^a	70,21 ^a	71,38 ^a	66,95 ^a
MDK 300	1,71 (5,92)	3,12 (10,81)	1,45 (5,01)	5,32 (10,64)	9,22 (18,44)	9,83 (19,67)

Tretmani označeni istim slovima nemaju signifikantne razlike (Fišerov test na nivou značajnosti 0,05)

Treatments followed by the same letters are not significantly different (Fisher's test at the level 0.05)

Tab. 4: Srednja vrednost, standardna greška i standardna devijacija ukupnog sadržaja teških metala na lokalitetu Banoštor u poređenju sa kontrolom

Tab. 4: Mean value, standard error and standard deviation of total heavy metals content on Banoštor site as compared with control sample

Metal MDK MAC (mg kg ⁻¹)	Vinograd / Vineyard			Kontrola / Control		
	0-15 cm	15-30 cm	30-60 cm	0-15 cm	15-30 cm	30-60 cm
	\bar{x} se (sd)	\bar{x} se (sd)	\bar{x} se (sd)	\bar{x} se (sd)	\bar{x} se (sd)	\bar{x} se (sd)
As	10,62 ^a	11,46 ^a	10,86 ^a	11,40 ^a	11,47 ^a	11,79 ^a
MDK 25	0,19 (0,32)	0,20 (0,35)	0,30 (0,52)	0,76 (1,32)	0,88 (1,53)	0,66 (1,14)
Cd	0,26 ^a	0,25 ^{ab}	0,22 ^{ab}	0,24 ^{ab}	0,21 ^{ab}	0,20 ^b
MDK 3	0,0033 (0,005)	0,01 (0,02)	0,02 (0,04)	0,02 (0,03)	0,02 (0,03)	0,02 (0,03)
Co	12,84 ^a	13,00 ^a	13,41 ^a	12,69 ^a	12,86 ^a	14,27 ^a
MDK /	0,89 (1,54)	0,68 (1,18)	0,77 (1,34)	1,11 (1,92)	1,13 (1,96)	2,13 (3,69)
Cr	39,32 ^a	41,68 ^a	42,74 ^a	42,12 ^a	42,46 ^a	42,09 ^a
MDK 100	1,52 (2,63)	1,74 (3,02)	2,52 (4,36)	4,69 (8,13)	5,04 (8,73)	4,56 (7,90)
Cu	39,84 ^a	34,77 ^{ab}	25,80 ^{bc}	25,94 ^{bc}	26,67 ^{bc}	22,47 ^c
MDK 100	1,52 (2,63)	1,34 (2,32)	1,79 (3,10)	4,34 (7,52)	5,24 (9,08)	2,11 (3,65)
Ni	36,04 ^a	37,55 ^a	38,00 ^a	38,13 ^a	38,63 ^a	39,62 ^a
MDK 50	1,69 (2,93)	1,34 (2,32)	2,11 (3,66)	4,26 (7,39)	4,23 (7,33)	4,26 (7,38)
Pb	18,94 ^a	20,01 ^a	18,77 ^a	19,10 ^a	18,28 ^a	17,80 ^a
MDK 100	1,47 (2,55)	1,39 (2,41)	1,49 (2,58)	1,91 (3,30)	1,99 (3,46)	2,29 (3,96)
Zn	58,35 ^a	64,60 ^a	59,20 ^a	61,48 ^a	61,92 ^a	59,32 ^a
MDK 300	3,90 (6,76)	3,80 (6,58)	2,26 (3,91)	6,10 (10,56)	7,65 (13,25)	3,56 (6,16)

Tretmani označeni istim slovima nemaju signifikantne razlike (Fišerov test na nivou značajnosti 0,05)

Treatments followed by the same letters are not significantly different (Fisher's test at the level 0.05)

Tab. 5: Srednja vrednost, standardna greška i standardna devijacija ukupnog sadržaja teških metala na lokalitetu Vršac u poređenju sa kontrolom

Tab. 5: Mean value, standard error and standard deviation of total heavy metals content on Vršac site as compared with control sample

Metal MDK MAC (mg kg ⁻¹)	Vinograd / Vineyard			Kontrola / Control		
	0-15 cm	15-30 cm	30-60 cm	0-15 cm	15-30 cm	30-60 cm
	\bar{x} se (sd)	\bar{x} se (sd)	\bar{x} se (sd)	\bar{x} se (sd)	\bar{x} se (sd)	\bar{x} se (sd)
As	8,23 ^a	8,45 ^a	8,12 ^a	5,26 ^b	5,50 ^b	4,65 ^b
MDK 25	0,23 (1,04)	0,16 (0,72)	0,22 (1,02)	0,65 (1,13)	0,76 (1,32)	0,65 (1,12)
Cd	0,29 ^a	0,29 ^a	0,26 ^{ab}	0,29 ^{ab}	0,24 ^{ab}	0,22 ^b
MDK 3	0,009 (0,04)	0,01 (0,05)	0,008 (0,04)	0,03 (0,06)	0,03 (0,06)	0,04 (0,07)
Co	18,63 ^a	18,31 ^a	18,16 ^a	14,89 ^b	15,75 ^{ab}	15,99 ^{ab}
MDK/	0,58 (2,64)	0,58 (2,67)	0,58 (2,65)	0,36 (0,62)	0,59 (1,03)	0,90 (1,55)
Cr	46,95 ^a	48,62 ^a	49,76 ^a	33,69 ^b	34,50 ^b	34,27 ^b
MDK 100	1,97 (9,03)	2,02 (9,24)	2,16 (9,90)	5,21 (9,03)	4,94 (8,56)	4,26 (7,39)
Cu	105,18 ^a	105,45 ^a	90,55 ^{ab}	54,56 ^b	86,11 ^{ab}	51,64 ^b
MDK 100	7,39 (33,87)	8,40 (38,48)	7,57 (34,70)	18,29 (31,68)	39,37 (68,18)	14,48 (25,08)
Ni	37,81 ^a	38,52 ^a	39,37 ^a	27,34 ^b	27,14 ^b	27,82 ^b
MDK 50	1,29 (5,90)	1,38 (6,32)	1,42 (6,51)	2,97 (5,14)	3,70 (6,41)	3,39 (5,88)
Pb	25,13 ^a	24,40 ^a	23,61 ^a	23,86 ^a	21,58 ^{ab}	17,79 ^b
MDK 100	0,86 (3,96)	0,81 (3,71)	0,78 (3,58)	1,69 (2,93)	1,74 (3,02)	1,69 (2,93)
Zn	80,65 ^a	75,56 ^a	74,82 ^a	74,39 ^a	72,42 ^a	71,27 ^a
MDK 300	3,12 (14,31)	2,03 (9,31)	2,17 (9,95)	14,56 (25,21)	16,98 (29,41)	14,35 (24,85)

Tretmani označeni istim slovima nemaju signifikantne razlike (Fišerov test na nivou značajnosti 0,05)

Treatments followed by the same letters are not significantly different (Fisher's test at the level 0.05)

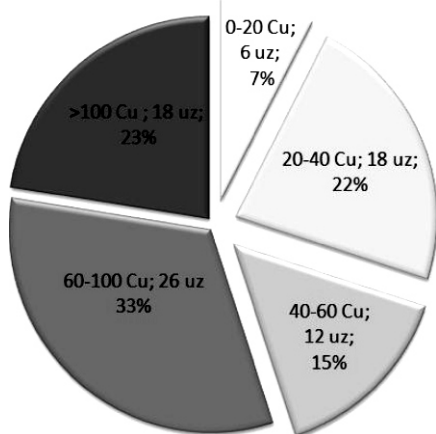
U drugom delu istraživanja (Tab. 3, 4. i 5) sadržaj teških metala u vinogradima je upoređen sa kontrolom, odnosno okolnim zemljištem koje nije pod vinogradom ili zemljištem obližnjih šuma, po tri dubine profila (0-15 cm, 15-30 cm i 30-60 cm). Na osnovu ovog dela istraživanja vojvođanski vinogradi nisu opterećeni teškim metalima, osim bakrom. Od ukupno ispitivanih 138 uzoraka nijedan ne prelazi MDK za metale As, Cd, Co, Cr, Ni, Pb i Zn, dok 34 uzorka prelaze MDK za Cu. Međutim, prilikom poređenja sadržaja metala na zemljištima pod vinogradima i uzoraka uzetih sa kontrolinih parcela uočavaju se statistički značajne razlike koje ukazuju na povišen sadržaj pojedinih metala na određenim lokalitetima kao i po dubinama profila.

Tako je sadržaj As i Cr signifikatno veći na sve tri dubine u odnosu na kontrolu na lokalitetu Vršac (Tab. 5). Cd je značajno povećan na dubinama 0-15 cm i 30-60 cm na lokalitetu Sr. Karlovci (Tab. 4). Co je statistički značajno veći samo na dubini 0 cm do 15 cm, dok je Pb signifikatno veće samo na

dubini 30 cm do 60 cm u Vršcu (Tab. 5). Ni je značajno povećan na dubini 30 cm do 60 cm (Tab. 4) u Sr. Karlovcima i po sve tri dubine u Vršcu (Tab. 5). Iako je koncentracija navedenih teških metala u vinogradima značajno ispod MDK, ove razlike u odnosu na kontrolu ukazuju na antropogeni uticaj kojem je zemljište izloženo prilikom primene pesticida i đubriva (mineralnih i organskih).

Bakar je statistički signifikatno povećan u odnosu na kontrolu u površinskom sloju zemljišta na sva tri ispitivana lokaliteta, dok se po dubinama 15-30 cm i 30-60 cm razlikuje od kontrole samo na lokalitetu u Sr. Karlovcima (Tab. 3, 4. i 5). Bakar je veoma slabo mobilan kroz zemljišni profil budući da se snažno vezuje za minerale gline i organsku materiju zemljišta, što utiče na njegovu postojanost u agroekosistemu. Visoka koncentracija Cu u uzorcima kontrole posledica je upravo ove postojanosti, budući da sva tri lokaliteta imaju veoma dugu tradiciju u proizvodnji vina, površine kontrole su u različitom vremenskom periodu nekada bili vinogradi. U odnosu na jednu kontrolnu tačku u

površinskom sloju šumskog zemljišta za koje se smatra da nikada nije korišćeno kao vinograd, koncentracija Cu je iznosila 18 mg kg^{-1} , 21 mg kg^{-1} i 28 mg kg^{-1} (Sr. Karlovci, Banoštor i Vršac). Od 138 ispitivanih uzoraka zemljišta po svim dubinama u ovom delu istraživanja, njih 44 je veće od MDK. Najveći sadržaj od 206 mg/kg zabeležen je u Vršačkom vinogradu. Visoke vrednosti standarde devijacije i standardne greške za Cu u poređenju sa drugim metalima ukazuju na heterogenost uzoraka usled antropogenog uticaja.



Graf. 1: Udeo uzoraka površinskog sloja zemljišta vinograda u pojedinim klasama, sadržaj Cu u mg/kg

Fig. 1: Percentage of surface vineyard soils samples in individual classes, Cu content in mg/kg

Posebno je nepovoljno što u površinskom sloju zemljišta svih ispitivanih vinograda (ukupno 80 uzoraka) 23 % spada u zonu kritične koncentracije ($>60 \text{ mg kg}^{-1}$) a 33 % premašuje MDK (Graf. 1). Pri tome se kritična koncentracija definiše kao: kvantitativna procena unošenja jedne ili više zagađujućih supstancija ispod koje se, po dosadašnjim saznanjima, ne pojavljuju značajni štetni efekti na specifične osetljive delove životne sredine (zemljište) (SRPS ISO 11074-1:2001). Najčešća navodena vrednost kritične koncentracije za Cu je 60 mg kg^{-1} (Schramel et al. 2000, Wightwick et al. 2006), a svaka koncen-

tracija Cu u zemljištu preko 60 mg kg^{-1} zahteva procenu rizika i monitoring zemljišta.

Zaključak

Zemljišta vinograda Vojvodine, generalno gledano, nisu opterećena teškim metalima osim bakrom, što je posledica dugotrajne i intenzivne primene fungicida na bazi bakra. U zemljištu vinograda malih površina postoje lokalna zagađenja Cr i Zn, a sadržaj Ni koji premašuje MDK je geohemijskog porekla. U poređenju sa kontrolom sadržaj As, Cd, Co, Cr, Ni i Pb veći je u zemljištu vinograda na pojedinim dubinama i pojedinim lokalitetima usled antropogenog uticaja, odnosno primene agrohemijskih sredstava.

Prema sadržaju Cu više od polovine ispitivanih uzoraka površinskog sloja zemljišta je u zoni iznad kritične koncentracije i/ili preko MDK. Takođe su utvrđene statistički značajne razlike između sadržaja Cu u vinogradima u odnosu na kontrolu u površinskom sloju zemljišta (0 cm do 15 cm) na sva tri ispitivana lokaliteta. Rezultati ovog istraživanja pokazuju da je u zemljištu polovine ispitivanih vinograda u Vojvodini potrebno sprovesti monitoring, procenu rizika i redukciju primene bakarnih preparata.

Literatura

- Adriano D (2001): Trace Elements in Terrestrial Environments, Biogeochemistry, Bioavailability and Risks of Metals. Second Edition. Springer. New York
- Besnard E, Chenu C, Robert M (2001): Influence of organic amendments on copper distribution among particle-size and density fractions in Champagne vineyard soils. Environ Pollut. 112: 329-337
- Dixon B (2004): Pushing Bordeaux mixture, Lancet Infect Dis. 4: 594
- Kabata-Pendias A & Pendias H (2001): Trace elements in soils and plants 3rd ed. CRC Press, USA
- Merrington G, Rogers S L, Van Zwieten L (2002): The potential impact of long-term copper fungicide usage on soil microbial biomass and microbial activity in an avocado orchard. Aust J Soil Res. 40: 749-759
- Mirlean N, Roisenberg A, Chies J O (2005): Copper-based fungicides contamination and metal distribution in Brazilian grape products. Bull Environ Contam Toxicol. 75: 968-974
- Mirlean N, Roisenberg A, Chies J O (2007): Metal contamination of vineyard soils in wet tropics (southern Brazil). Environ Pollut. 149: 10-17
- Moolenaar S W & Beltrami P (1998): Heavy metals balances of an Italian soil as affected by sewage sludge and bordeaux mixture applications. J Environ Qual. 27: 828-835
- Ninkov J, Sekulčić P, Paprić Đ, Zeremski-Škorić T, Pucarević M (2008): Zagađenje zemljišta vinograda bakrom kao

- posledica primene fungicida na bazi bakra. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo 45: 233-239
- Paoletti M G, Sommaggio D, Favretto M R, Petruzeelli G, Pezzarossa B, Barbaferri M (1998): Earthworms as useful bioindicators of agroecosystem sustainability in orchards and vineyards with different inputs. *Appl Soil Ecol.* 10: 137-150
- Pravilnik o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu i vodi za navodnjavanje i metodama za njihovo ispitivanje. Službeni glasnik Republike Srbije broj 23/1994.
- Ristić M, Bokić T, Zečević T (2006): Copper accumulation and availability in vineyard soils of Serbia. *Facta Universitatis, Series: Working and Living Environmental Protection* 3: 35-42
- Scharmell O, Michalke B, Kettrup A (2000): Study of the copper distribution in contaminated soils of hop fields by single and sequential extraction procedures. *Sci Total Environ.* 236: 11-22
- SRPS ISO 11074-1:2001 Kvalitet zemljišta. Rečnik - Deo 1 : Termini i definicije koje se odnose na zaštitu i zagađenje zemljišta. Identičan sa ISO 11074-1:1996.
- Vasin J, Sekulić P, Hadžić V, Bogdanović D, Pucarević M (2004): Stepen zagađenja nepoljoprivrednog zemljišta u Vojvodini. Zbornik Naučnog instituta za ratarstvo i povrtarstvo 40: 115-127
- Viti C, Quaranta D, De Philippis R, Corti G, Agnelli A, Cuniglio R, Giovannetti L (2008): Characterizing cultivable soil microbial communities from copper fungicide-amended olive orchard and vineyard soils. *World J Microbiol Biotechnol.* 24: 309-318
- Wightwick A, Mollah M, Smith J, MacGregor A (2006): Sampling considerations for surveying copper concentrations in Australian vineyard soils. *Aust J Soil Res.* 44: 711-717

Heavy metals in vineyard soils of Vojvodina province

Jordana Ninkov¹, Tijana Zeremski-Škorić¹, Petar Sekulić¹,
Jovica Vasin¹, Stanko Milić¹, Đorđe Paprić², Igor Kurjački³

¹Institute of Field and Vegetable Crops, Maksima Gorkog 30, 21000 Novi Sad

²Faculty of Agriculture, Trg Dositeja Obradovića 8, 21000 Novi Sad

³Ministry for Agriculture, Forestry and Water Management of the Republic of Serbia,
General Inspection, Bulevar Mihajla Pupina 10, 21000 Novi Sad

Summary: The study presented in this paper deals with heavy metals content in vineyard soils from 44 individual producers' lots from Vojvodina province, as well as detailed analyses of heavy metals content in vineyards from 3 sites (Sremski Karlovci, Banoštor and Vršac) in comparison with the control sample. Vojvodinian vineyard soils are generally not contaminated with heavy metals, with the exception of copper due to long-term intensive application of copper-based fungicide. In soil of 44 small vineyards, local contamination with Cr and Zn was found on one locality each, and geochemical origin Ni content higher than MAC in 9 samples from Fruška gora. Based on the second part of this study, content of all heavy metals, excluding Cu, was below MAC. However, in comparison to control sample, the content of As, Cd, Co, Cr, Ni and Pb was higher in vineyard soils at due to antropogenic influence and application of agro-chemicals. The highest concentration of Cu 336 mg kg⁻¹ was noted in Petrovaradin in surface layer of soil, which is three times the value of MAC (100 mg kg⁻¹). Out of total 226 analysed samples from all depths, 44 samples exceeded MAC value. It is especially unfavourable that 23 % of all analysed vineyard soils surface layers are in critical concentration zone (>60 mg kg⁻¹) and 33 % exceed MAC, which shows that more than half of analysed Vojvodina vineyards are in need of monitoring, risk assessment and reduction of copper-based chemicals application.

Key words: copper, heavy metals, soil, vineyards

Primljeno / Received: 06.11.2009.

Prihvaćeno / Accepted: 30.11.2009.