

ANITA D. PETROVIĆ–GEGIĆ¹
MIRJANA B.
VOJINOVIĆ–MILORADOV²
KORNELIJA J. SABO
CEHMAJSTER¹
FEHER I. ILEŠ³

¹Viša Tehnička škola, Novi Sad

²FTN/PMF, Novi Sad

³Zdravstveni centar, Senta

STRUČNI RAD

633+549.23/.25+631.482:632.123(Tisa)

PRISUSTVO KORISNIH I TOKSIČNIH ELEMENTATA U NEKIM BILJNIM KULTURAMA NA PLAVNOM PODRUČJU REKE TISE

Cilj rada je da ukaže na problem akumulacije pojedinih hemijskih elemenata u nekim biljnim kulturama u aluvijalnoj oblasti reke Tise, koja se koristi za poljoprivrednu proizvodnju, naročito izražen nakon što su velike ekološke katastrofe zahvatile Tisu u januaru i martu 2000. Tada je došlo do izlivanja 200 000 m³ zagađene vode u Tisine pritoke. U radu su merene koncentracije za biljke dostupnih metala, metaloida i nemetala u zemljištu kao i u pojedinim biljnim vrstama koje su uzgajane na aluvijalnom zemljištu kod Sente. Zemljište je uzorkovano na različitoj visini obale, na dubini 0–30 cm. Određivanja su sprovedena primenom atomske apsorpcione spektroskopije sa grafitnom kivetom. Utvrđena je povećana koncentracija gotovo svih elemenata na područjima koje Tisa plavi u odnosu na referentni nivo. Koncentracije Pb i Cd višestruko su povećane u pojedinim biljkama, a povišen je i sadržaj Cu, Zn i Se.

Promene koje se dešavaju na površini Zemlje značajno utiču na odgovarajuća biološka, hemijska i fizička stanja biosistema i određene biohemijske procese. Nedostatak ili višak pojedinih biogenih elemenata rezultuje nepovoljnim ekološkim stanjima, a negativno se reflektuje i na ekonomski i održivi razvoj ekosistema uopšte. Istraživanja krajem šezdesetih godina prošlog veka pokazuju da su u zemljištima u različitim delovima sveta, posebno urbanim i industrijskim centrima prisutne enormno velike količine teških metala [1]. Ova ispitivanja su relativno novijeg datuma, iako su od ranije poznati slučajevi akutnog trovanja teškim metalima [2]. Uzroci povećanih koncentracija teških metala su najčešće antropogenog porekla i mogu rezultovati nagomilavanjem metala u poljoprivrednim kulturama, čime se otvara put daljeg transporta kroz lanac ishrane. Agrohemijske mere koje se primenjuju upravo sa ciljem poboljšanja prinosa su jedan od puteva unosa teških metala u zemljište. Neprimerena upotreba mineralnih đubriva i pesticida može trajno degradirati zemljište, a biljke učiniti zdravstveno nepodesnim za ljudsku ishranu. Značajno je istaći da jedanput uneti teški metali mogu u zemljištu ostati stotinama pa i hiljadama godina [1]. Kako bi se izbegla kontaminacija zemljišta, neophodan je monitoring sadržaja teških metala i mere prevencije.

U najvećem broju slučajeva teški metali se akumuliraju u površinskom sloju zemljišta s obzirom na to da pedogeni procesi posle kontaminacije nisu delovali dovoljno dugo tako da dođe do njihove redistribucije u zemljišnom profilu.

Zemljišta se međusobno razlikuju po kapacitetu za zadržavanje teških metala. Gledano sa aspekta vodenih ekosistema, velika količina teških metala se kumuluje i detektuje naročito na ušćima reka i na obalama mora i okeana [3].

Elementi koji čine strukturu zemljišta mogu se podeliti na makroelemente (P, Ca, K, Mg, Na, Fe) i mikroelemente (Zn, F, I, Cu, Cr, Mg, Se i sl). Sa aspekta zaštite životne sredine posebni značaj imaju teški metali, u koje se u širem kontekstu zbog toksičnosti, ubrajaju i neki elementi koji nisu metali (npr. Se, As, Sb) [1]. Ovako shvaćeni teški metali se mogu podeliti u dve grupe. Prvu grupu čine za biljke esencijalni mikroelementi koji u živom organizmu imaju specifične funkcije. To su: gvožđe (Fe), bakar (Cu), cink (Zn), molibden (Mo), mangan (Mn), kobalt (Co), selen (Se), jod (I), i sl. Metali, i nemetali predstavnici ove grupe, postaju toksični kada im koncentracija u tkivu premaši neškodljivu. Sve biljke imaju sposobnost akumulacije esencijalnih metala koji su neophodni za normalne biohemijske i fiziološke procese, međutim, sposobne su da akumuliraju druge metale i metaloide koji nemaju određenu fiziološku ulogu i vrlo su toksični za samu biljku. Predstavnici ove grupe elemenata su: olovo (Pb), živa (Hg), arsen (As), kadmijum (Cd).

Uticao teških metala iz zemljišta na rast i ukupnu fizionomiju biljaka više zavisi od oblika u kojem se metali nalaze, nego od njihove koncentracije. U zavisnosti od vrste biljke i hemijskog elementa, ali i od visine koncentracije datog elementa i kapaciteta zemljišta, doći će do različitog stepena poremećaja fizičkih i biohemijskih procesa. Kapacitet zemljišta se odnosi na njegovu sposobnost da zadržava teške metale, a zavisian je od sledećih faktora: pH zemlje, redoks potencijala, količine i tipa gline i organskih materija, ukupnog kapaciteta, adsorpcije katjona i sadržaja oksida Fe, Al i Mn [4]. Vidljivi simptomi intoksikacije zavise od stepena interakcije na ćelijskom,

Adresa autora: A. Petrović–Gegić, Viša tehnička škola, Školska 1, Novi Sad

E-mail: anitapg@ptt.yu

Rad primljen: Maj 03, 2007

Rad prihvaćen: Jul 18, 2007

odnosno molekularnom nivou [5]. Toksičnost može biti rezultat vezivanja metala u SH grupu u proteinima, što će dovesti do poremećaja u strukturi molekula ili aktivacione inhibicije [6]. Time se remeti struktura i funkcija ćelijske membrane, menja se permeabilnost, i dolazi do poremećaja odnosa koncentracija elektrolita u plazmi. Uporedo, teški metali mogu stimulatивно da utiču na stvaranje slobodnih radikala i reaktivnih tipova kiseonika, što dovodi do oksidativnog stresa [7].

Fiziološki gledano, navedeni procesi izazivaju poremećaje u fotosintezi, vodnom, mineralnom i disajnom režimu, što dovodi do smanjenja produkcije organske materije i promene u hemijskom sastavu jedinki. Sa aspekta morfologije, zastoj u rastu i zakržljalost prvi su znaci nepovoljnog učinka teških metala na biljke. Efekti usvajanja izrazito visokih vrednosti teških metala ispoljavaju se kroz prerano izumiranje najstarijih listova usporen rast kao i uginuće jedinki [4].

EKSPERIMENTALNI DEO

Koncentracija grupe metala (Al, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Sr, V, Zn), metaloida (As) i nemetala (P, Se, Si) [8] koji su pristupačni biljkama merene su u zemljištu na plavnom području uz obalu reke Tise na 118. nautičkom kilometru (lokacije Senta, Makoš).

Uzorci su uzeti sondom iz sloja prosečne dubine 0–30 cm zemljišta, na obalnoj visini 530, 580, 630 i 680 cm. Sa svake kote uzeto je šest uzoraka nakon čijeg mešanja su odmerene količine za analizu.

Određivanja koncentracija teških metala u zemljištu dostupnih za biljke izvršeno je primenom atomske apsorpcione spektroskopije sa grafitnom kivetom (GFAAS–Varian Spectra AA800) po metodi Lakanen Erviö [9].

Sadržaj teških metala u pojedinim vrstama voća i povrća analiziran je u uzorcima raznih vrsta tokom 2005. sa lokaliteta aluvijalne oblasti reke Tise kod mesta Senta. Uzorci voća i povrća uzgajani su na 118. i 110. rečnom kilometru.

Uzorkovan je sledeći biljni materijal: šargarepa, brokoli, letnji i jesenji kupus i crna i crvena ribizla. Uzeto je 10 uzoraka od svake biljke. Za analizu su korišćeni: koren šargarepe, listovi brokola i kupusa i plod ribizle. Uzorci biljnog materijala su osušeni do konstantne mase, a zatim izloženi kiselo–peroksidnom razlaganju ($c\text{HNO}_3 : c\text{H}_2\text{O}_2 = 1:1$). Sadržaj teških metala u pripremljenom uzorku određen je metodom atomske apsorpcione spektroskopije sa grafitnim kivetama. S obzirom na to da su merenja vršena u laboratoriji Fakuleta za ratarstvo i povrtarstvo na Univerzitetu Corvinus u Budimpešti, korišćeni su mađarski standardi [10].

REZULTATI

Ako odnos koncentracija svih ispitivanih elemenata uporedimo na teritoriji koju Tisa plavi sa koncentracijom u referentnom zemljištu koje se posmatra kao koncentracioni fon, uočljivo je da je aluvijalna oblast Tise znatno bogatija većinom elemenata. Koncentracioni odnos definisan je preko koeficijenta:

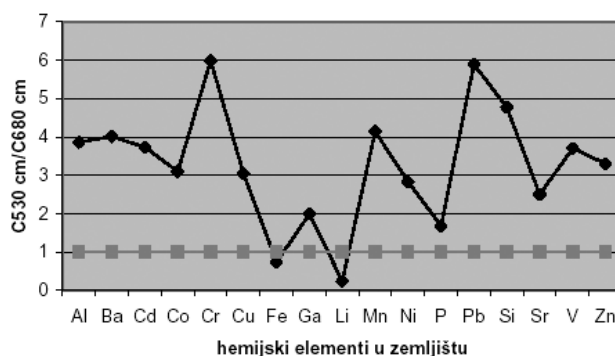
$$K_1 = c_m/c_n$$

gde je:

c_m [mg/kg] – koncentracija određenog elementa na 530 cm obalne visine,

c_n [mg/kg] – koncentracija određenog elementa na 680 cm obalne visine.

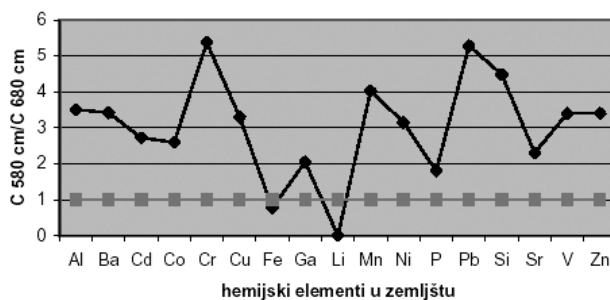
Na slici 1 prikazan je koeficijent koji predstavlja količnik koncentracija za biljku dostupnih elemenata u zemljištu čija je visina obale 530 cm i referentnog na visini 680 cm ($C_{530\text{cm}}/C_{680\text{cm}}$).



Slika 1. Vrednost koeficijenta $C_{530\text{cm}}/C_{680\text{cm}}$ za različite elemente u aluvijalnoj oblasti Tise

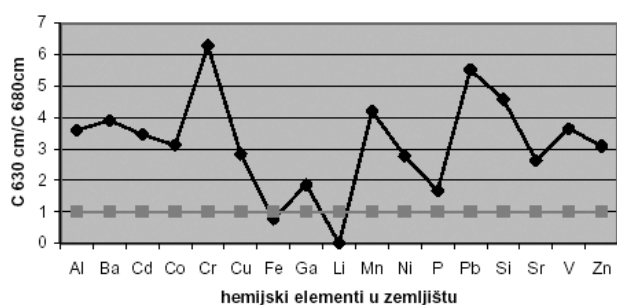
Figure 1. Coefficient $C_{530\text{cm}}/C_{680\text{cm}}$ for different elements in the Tisa alluvial area

Na slici 2 prikazan je koeficijent koji predstavlja količnik koncentracija elemenata u zemljištu na obalnim visinama 580 cm i 680 cm ($C_{580\text{cm}}/C_{680\text{cm}}$).



Slika 2. Vrednost koeficijenta $C_{580\text{cm}}/C_{680\text{cm}}$ za različite elemente u aluvijalnoj oblasti Tise

Figure 2. Coefficient $C_{580\text{cm}}/C_{680\text{cm}}$ for different elements in the Tisa alluvial area



Slika 3. Vrednost koeficijenta C_{630cm}/C_{680cm} za različite elemente u aluvijalnoj oblasti Tise

Figure 3. Coefficient C_{630cm}/C_{680cm} for different elements in the Tisa alluvial area

Na slici 3 prikazan je koeficijent koji predstavlja količnik koncentracija elemenata u zemljištu na obalnoj visini 630 cm i referentnog 680 cm (C_{630cm}/C_{680cm}).

U tabeli 1 prikazani su rezultati koncentracije različitih metala, metaloida i nemetala u određenim

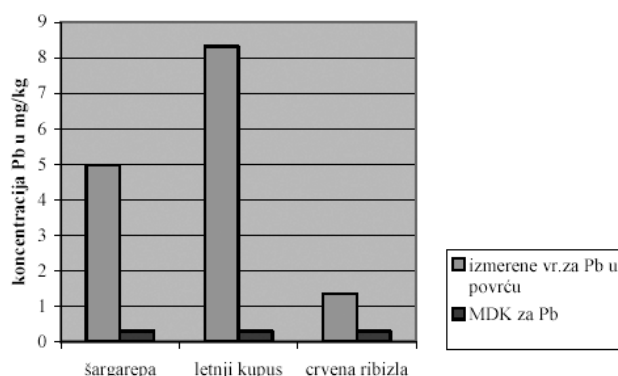
Tabela 1. Koncentracije različitih metala u biljnim kulturama proizvedenih na plavnom području Tise na 118. i 110. rečnom kilometru (Senta)

Table 1. Concentrations of various metals in crop plants produced in the area flooded by the Tisa at its 118 km and 110 km (Senta)

Element	mg/kg suve supstance					
	biljka					
	Šargarepa	Brokoli	Kupus		Ribizla	
		letnji	jesenji*	crna	crvena	
Al	180,8	29,57	25,32	22,25	26,71	33,05
As	<GD**	<GD	<GD	<GD	<GD	<GD
Ba	15,16	3,06	35,42	3,71	2,45	2,94
Cd	0,78	0,22	2,06	0,27	<GD	0,38
Co	<GD	<GD	2,63	<GD	<GD	0,13
Cr	1,88	<GD	9,09	<GD	<GD	<GD
Cu	11,65	3,93	17,40	4,46	10,34	9,31
Fe	349,9	61,49	52	66,08	50,79	52,47
Ga	<GD	<GD	4,43	<GD	<GD	2,76
Li	0,26	<GD	3,94	<GD	<GD	0,22
Mn	18,31	15,80	140,7	16,18	11,67	10,50
Mo	0,26	0,84	2,42	0,65	0,24	0,24
Ni	<GD	<GD	9,55	<GD	0,54	1,17
P	2237	3666	1875	3870	3300	2972
Pb	4,97	<GD	8,314	<GD	0,36	1,36
Se	<GD	<GD	<GD	<GD	1,18	0,72
Si	143,2	42,36	174,3	37,28	25,85	36,57
Sr	16,77	10,67	93,60	12,21	7,13	9,20
V	0,55	0,24	3,19	<GD	0,25	0,25
Zn	31,18	24,96	51,38	24,79	19,40	14,97

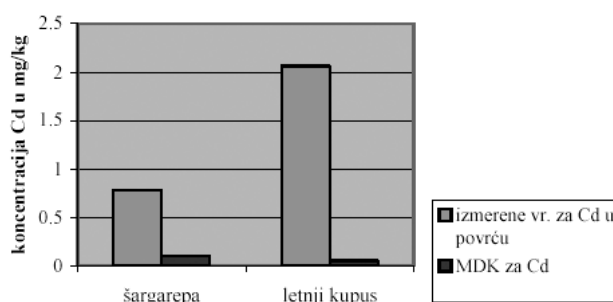
* uzgajano na 110. rečnom kilometru

** GD – granica detekcije



Slika 4. Koncentracija olova u biljkama u aluvijalnoj oblasti Tise

Figure 4. Lead concentration in plants in the Tisa alluvial area



Slika 5. Koncentracija kadmijuma u biljkama u aluvijalnoj oblasti Tise

Figure 5. Cadmium concentration in plants in the Tisa alluvial area

biljnim kulturama koje su proizvedene u aluvijalnoj oblasti Tise kod Sente. Uzorkovanje je obavljeno tokom 2005. godine. Među vrednostima dobijenim za iste biljke statistički nema značajne razlike ($p > 0,05$).

Poređenjem izmerenih vrednosti sa onima koje se mogu naći u mađarskim standardima [11], strožijim od nacionalnih, zaključuje se da su koncentracije olova i kadmijuma višestruko povećane u pojedinim biljkama.

DISKUSIJA

Na osnovu slika 1–3 uočljivo je da su na sve tri merne kote u aluvijalnoj oblasti Tise, koncentracije elemenata dostupnih biljki, veće u zemljištu koje Tisa plavi, izuzev Fe i Li. Ako se uporede vrednosti na slikama 1–3 zaključuje se da duž plavne zone Tise nema statistički značajne razlike u koncentraciji pojedinih elemenata.

U biljnim kulturama sa odgovarajućih lokaliteta analizirana je koncentracija elemenata određenih u zemljištu. Istraživanja su sprovedena na šargarepi, brokoliju, kupusu letnjem i jesenjem, ribizli crvenoj i crnoj. Zaključeno je da su koncentracije standardnih elemenata [13] u voću i povrću višestruko povećane, a poseban problem je pojava toksičnih elemenata,

koji su bili osnovni predmet istraživanja. Međutim, iz tehničkih razloga, automatski je analizirana koncentracija tabelarno prikazanih 20 elemenata. Od teških metala posebno se ističe visoka koncentracija Ba u šargarepi i letnjem kupusu (15,6 odn. 35,42 mg/kg), Cd u šargarepi i letnjem kupusu (0,78 odn. 2,06 mg/kg), Cr u letnjem kupusu (9,09 mg/kg), Cu u šargarepi, letnjem kupusu i crvenoj i crnoj ribizli (11,65; 17,4; 10,34 i 9,31 mg/kg), Ga u letnjem kupusu i crvenoj ribizli (4,43 odn. 2,76 mg/kg), Ni u letnjem kupusu i crvenoj ribizli (9,55 odn. 1,17 mg/kg), Pb u šargarepi, letnjem kupusu i crvenoj ribizli (4,97; 8,13 odn. 1,36 mg/kg), Sr u letnjem i jesenjem kupusu, brokoliju, šargarepi, crvenoj i crnoj ribizli (16,77; 10,67; 93,60; 12,21; 7,13 odn. 9,2 mg/kg), V u letnjem kupusu (3,19 mg/kg), i Zn u letnjem i jesenjem kupusu, brokoliju, šargarepi, crvenoj i crnoj ribizli (31,18; 24,96; 51,38; 24,79; 19,4 odnosno 14,97 mg/kg).

Iako prisustvo Mo i Se nije dokazano u zemlji, Mo je detektovan u šargarepi, brokoliju, letnjem i jesenjem kupusu, crnoj i crvenoj ribizli (0,26; 0,84; 2,42; 0,65; 0,24 odnosno 0,24 mg/kg), a Se u crvenoj i crnoj ribizli (1,18 i 0,72 mg/kg). Potrebno je istaći da fabrika Fermin iz Sente koristi Se u procesu proizvodnje.

Ako se uporede letnji i jesenji kupus uzgajani na različitim lokacijama uočljivo je da su koncentracije metala daleko veće u biljki koja je rasla na 118. rečnom kilometru, lokaciji koja je prema izvršenim analizama najopterećenija teškim metalima. Koncentracija Pb iznosi u letnjem kupusu 8,13 mg/kg, dok u jesenjem kupusu Pb nije detektovan. Istovremeno, koncentracija za biljku dostupnog Pb je na 118. rečnom kilometru, na svakoj obalnoj visini dvostruko veća od koncentracije izmerene na 110. rečnom kilometru na kome je rastao jesenji kupus.

ZAKLJUČAK

S obzirom na detektovane metale u aluvijalnoj oblasti Tise kod Sente, treba uraditi dodatna istraživanja u cilju potvrde dobijenih rezultata, proveriti do koje dubine doseže kontaminacija i u skladu sa tim preduzeti mere za sprečavanje širenja zagađenja, odnosno ulaska teških metala u lanac ishrane.

Istraživanje je imalo za cilj da ukaže na problem dugoročne akumulacije teških elemenata u zemljištu, koje prouzrokuju poplavni talasi. S obzirom na to da vodostanje na Tisi kod Sente u kritičnom periodu 2000. kada su se izlili teški metali nije prelazilo 680 cm, ova obalna visina je opravdano izabrana kao referentni nivo.

Kako prosečni vodostaj na reci iznosi 300–400 cm, a prva merna kota je na 530 cm obalne visine, ne može se tražiti korelacija između trenutne koncentracije polutanata u reci njihove akumulacije u zemljištu.

Analizom uzoraka ustanovljeno je da su u plavnim područjima reke Tise nizvodno od Sente, gde se obavlja poljoprivredna proizvodnja, prisutni teški metali. Koncentracije pojedinih elemenata su i do sedam puta veće u plavljenim u odnosu na neplavljene kote. Stoga se može zaključiti da polutanti potiču iz reke. Osim toga, prethodna istraživanja [14] u kojima je poreden sadržaj teških metala na obradivom i neobradivom zemljištu isključila su agrohemijske mere kao potencijalni uzrok kontaminacije.

U povrtarskim i voćarskim kulturama detektovani su pre svega Pb i Cd u koncentracijama 20–30 puta iznad maksimalno dozvoljenih koncentracija (MDK). Prema mađarskim standardima MDK za Pb iznosi 0,3 mg/kg. U šargarepi je izmereno približno 17, a u letnjem kupusu 28 puta više olova. Takođe, koncentracija kadmijuma u šargarepi je 8 puta, a u letnjem kupusu 40 puta veća od propisanih standardnih vrednosti korišćenih u radu [12], a koje se zanemarljivo razlikuju od evropskih normi [15].

LITERATURA

- [1] R. Kastori, Teški metali u životnoj sredini, Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 1997, str. 97–103.
- [2] D. Marković, Š. Đarmati, I. Gržetić, D. Veselinović, Fizičko-hemijski osnovi zaštite životne sredine, Beograd, 1998, str. 247.
- [3] M. Đukanović, Ekološki izazov, Elit, Beograd, 1991, str. 283.
- [4] B. Blagojević, Zagađena životna sredina i lekovite biljke, Fakultet zaštite na radu, Niš, 2003, str. 70, 40–53.
- [5] J.L. Hall, Cellular mechanisms for heavy metal detoxification and tolerance J. Exp. Bot. **53** (366) (2002) 1–11.
- [6] F. Van Assche, H. Clijsters, Effects of metals on enzyme activity in plants, Plant Cell Environ. **13** (1990) 195–206.
- [7] K.J. Dietz, M. Baier, U. Krämer, Free radicals and reactive oxygen species as mediators of heavy metal toxicity in plants, In: Prasad MNV, Hagemeyer J, eds. Heavy metal stress in plants: from molecules to ecosystems, Berlin: Springer-Verlag, 1999, str 73–97.
- [8] S. Arsenijević, Opšta i neorganska hemija, Naučna knjiga, Beograd, 1983.
- [9] MSz. 214770–50.98.3.3
- [10] MSz: 1483–3.98
- [11] Magyar közlöny 1999/52. szam
- [12] Pravilnik o količinama pesticida, metala, metaloida i drugih supstancija u namirnicama, Službeni list SRJ br. 5/92
- [13] <http://www.lenntech.com/fruit-vegetable-mineral-content.htm>
- [14] I. Feher, A Tisza ökörendszérének folyamatos ellenirzése a folyó Kanizsa – Becsei Gát szakaszán 2003/2004–ben – Naučni projekat finansiran od Fondacije Arany Janos Mađarske Akademije Nauka, Senta, 2005.
- [15] Direktiva EU 466/2001

SUMMARY

ABSORPTION OF ESSENTIAL AND TOXIC ELEMENTS IN VARIOUS FRUIT AND VEGETABLE SORTS IN THE FLOODED AREA OF THE TISA RIVER

(Professional paper)

Anita D. Petrović-Gegić¹, Mirjana B. Vojinović-Miloradov², Kornelija J. Sabo Cehmajster¹, Feher I. Iles³

¹Technical College, Novi Sad, ²FTN/PMF, Novi Sad, ³Health Center, Senta

Deficiency or sufficiency of some chemical elements in any system very often leads to undesirable ecological, medical and economical events. Because of that, it is necessary to investigate, and in case of finding contamination, it is important to prevent expansion of pollutants from potentially polluted soil before getting into the food chain.

The aim of this paper is to signify a problem of heavy metal accumulation in the alluvial banks of Tisa. This subject is especially interesting after 2000, because of huge ecological accidents that has been affected this region. Namely, in January and March 2000, around 200 000 m³ of polluted water streamed to Tisa from its confluents. In this paper there will be presented a part of results from the Tisa ecosystem investigation, which are according to the concentration of metals, metalloids and nonmetals available to the plant. The alluvial banks of the river Tisa, where this part of investigation takes place, are used in agricultural production. Measurements were conducted on the soil by the river in the vicinity of the town of Senta, and on selected fruit and vegetable sorts from that locality. Soil was collected from 0 to 30 cm depth. The residual concentration of metals, metalloids and nonmetals available to the plant was measured in the soil at 530 cm, 580 cm, 630 cm and 680 cm of bank height. Measurements were taken on fresh plant material from: carrot, broccoli, summer and autumn cabbage, and black and red berry.

Sample determining has been done by the atomic absorption spectroscopy with graphite cívets. Measurements in the soil were conducted with the method Lakanen Erviö. An increased content of almost all elements was found in locations flooded by the river in comparison to the referent level. The referent level was on 680 cm height of river bank.

In some plants, concentrations of lead and cadmium were few times higher from the permitted level. Besides, an increased concentration of Cu, Zn and Se was also detected. There is an evidence that the origin of detected pollutants is from the river.

Key words: Heavy metals • Alluvial soil • Plants • The Tisa River •

Ključne reči: Teški metali • Aluvijalno zemljište • Biljke • Tisa •