



## Zagađenost zemljišta Južnobačkog okruga opasnim i štetnim materijama

Livija Maksimović • Nada Milošević • Ljiljana Nešić • Tijana Zeremski •  
Jovica Vasin • Jordana Ninkov • Nada Grahovac

received: 13 December 2011. accepted: 28 February 2012.

© 2012 IFVC

doi:10.5937/ratpov49-1258

**Izvod:** U cilju kontrole plodnosti i sagledavanja sadržaja opasnih i štetnih materija u zemljištima Južnobačkog okruga i njegove degradacije (u širem smislu), odabrana su umereno zagađena zemljišta. Praćena je mikrobiološka aktivnost u uzorcima zagađenog zemljišta, kao i uticaj opasnih i štetnih materija (pesticida) na prisutne mikroorganizme u zemljištu, a izdvojene su grupe najotpornijih mikroorganizama. U vegetacionim ogledima ispitan je uticaj helatora EDDS i EDTA na usvajanje i translokaciju bakra kod uljane repice i suncokreta. Utvrđen je značaj uticaja pojedinih jona na kompleksiranje bakra sa helatorima, kao i njihovo smetajuće dejstvo. U poljskim uslovima praćen je uticaj hidrogela na vodni režim biljaka, povećanje prinosa i iznošenja opasnih i štetnih materija iz zemljišnog rastvora. Praćen je efekat elemenata koji pospešuju i uvećavaju bioremedijaciju zemljišta primenom helatora, stimulativnih preparata tipa hidrogel ili određenih sojeva mikroorganizama u cilju pojačavanja rasta biljaka i povećanog iznošenja opasnih i štetnih materija iz zagađenih zemljišta.

**Cljučne reči:** helatori, hidrogel, mikroorganizmi, zagađenost zemljišta, zemljište

### Uvod

Sa 1.648.000 ha obradivih površina, Vojvodina predstavlja poljoprivredni region od izuzetnog značaja, sa zemljištima koja po svojim osobinama spadaju među plodnija u Evropi. Međutim, zbog sve veće upotrebe đubriva i sredstava za zaštitu bilja, sadržaj opasnih i štetnih materija, posebno metala i pesticida u zemljištu se povećava, što značajno smanjuje njegov kvalitet i povećava rizik u proizvodnji zdravstveno bezbedne hrane (Nesic et al. 2008).

Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije prepoznalo je značaj praćenja procesa degradacije zemljišta, njegove popravke i remedijacije, te je finansiralo istraživanja na projektu "Zagađenost zemljišta opasnim i štetnim materijama i mogućnost primene različitih metoda remedijacije", a rezultati su prikazani u ovom radu. Ona predstavljaju monitoring ranijih istraživanja (1992) finansiranih takođe od

strane Ministarstva u okviru projekta "Kontrola plodnosti zemljišta i utvrđivanje sadržaja opasnih i štetnih materija u zemljištima Vojvodine" (Kastori 1993, Hadžić i sar. 2004).

U ovom ciklusu analiziran je Južnobački okrug koji obuhvata južnu Bačku i severni Srem. Najzastupljeniji tipovi zemljišta na ispitivanom području Južnobačkog okruga su černozem, livadska crnica (oglejeni černozem) i aluvijalna zemljišta, koja se najčešće koriste kao oranice (Nešić i sar. 2008a, Nešić et al. 2009a). Ovo područje od 4.016 km<sup>2</sup> (18,7% od teritorije Vojvodine) predstavlja istovremeno zonu intenzivne poljoprivredne proizvodnje kao i zonu sa razvijenom industrijom kao potencijalnim zagađivačem zemljišta. Naime, u južnoj Bačkoj je razvijena hemijska industrija i prerada nafte, industrija mašina, alata i elektroporcelana, tekstilna, prehrambena industrija i građevinarstvo.

### Organski i neorganski kontaminanti zemljišta

U cilju kontrole plodnosti zemljišta južne Bačke i sprečavanja njihove eventualne degradacije u širem smislu, prikupljeno je 145 uzoraka iz površinskog

L. Maksimović\* • N. Milošević • T. Zeremski • J. Vasin • J. Ninkov •  
N. Grahovac  
Institute of Field and Vegetable Crops, Maksima Gorkog 30, 21000  
Novi Sad, Serbia  
e-mail: livija.maksimovic@ifvns.ns.ac.rs

Lj. Nešić  
University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Trg Dositeja Obradovića  
8, 21000 Novi Sad, Serbia

Supported by Ministry of Education and Science of the Republic of  
Serbia, Project No. BT 20086

horizonta zemljišta. Uzorci zemljišta uzeti su sa lokaliteta koji su sastavni deo mreže od 1600 tačaka, pravilno raspoređene po celoj teritoriji Vojvodine. Lokaliteti na kojima su uzeti uzorci određeni su mrežom kvadrata 4 x 4 km (slika 1), koja je projektovana na postojeću pedološku kartu Vojvodine R 1:50000. Pri određivanju sadržaja opasnih i štetnih materija u zemljištu analiziran je pristupačan (ekstrakcija zemljišta u EDTA) i pseudoukupni (razaranje zemljišta sa  $\text{HNO}_3$  i  $\text{H}_2\text{O}_2$ ) sadržaj metala. Pristupačni sadržaj metala je određen ekstrakcijom zemljišta u 0,05 mol/l EDTA pH=7,0 prema Proceduri BCR European Commission Joint Research Centre IRMM za CRM 484, a pseudoukupni sadržaj metala je određen mikrotalasnom digestijom zemljišta sa  $\text{cHNO}_3$  i  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Koncentracija metala određena je pomoću indukovano kuplovane plazme na ICP-OES Vista Pro-Axial, Varian.

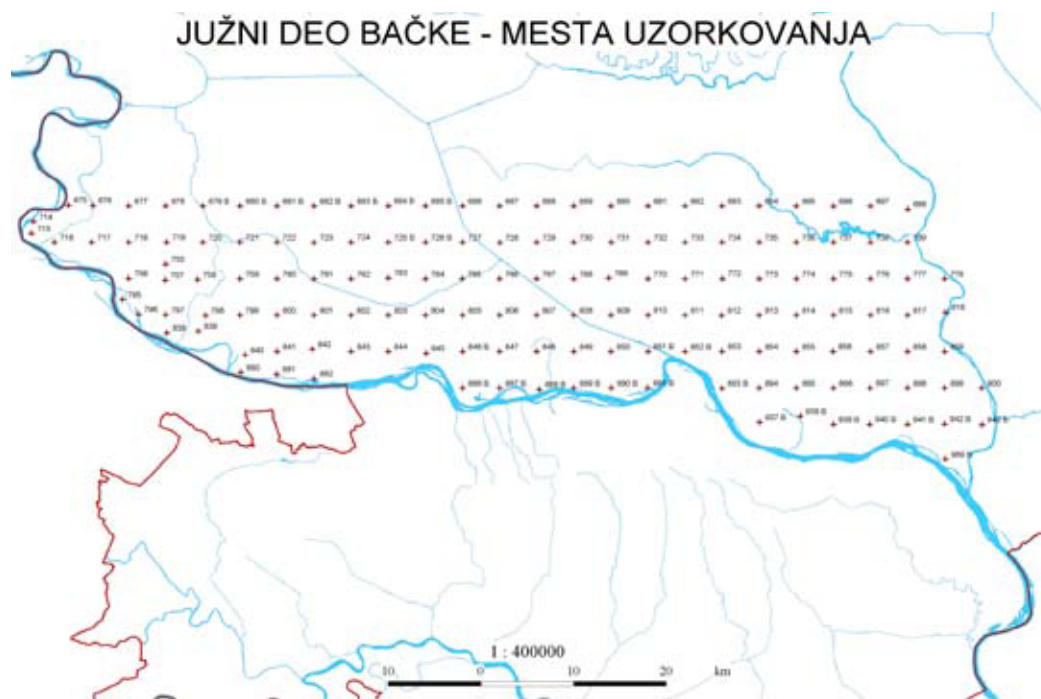
Osnovna hemijska svojstva zemljišta (pH vrednost, sadržaj  $\text{CaCO}_3$ , humusa, lakopristupačnog fosfora i kalijuma) analizirana su sledećim metodama (Graf. 1): 1. pH-vrednost određena je u suspenziji zemljišta sa vodom i sa 1M KCl potenciometrijski; 2. Sadržaj  $\text{CaCO}_3$  volumetrijski pomoću Scheiblerov-og kalcimetra (Schlichting et al. 1995); 3. Sadržaj humusa metodom Tjurin-a; 4.

Lakopristupačni fosfor ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) spektrofotometrijski (ekstrakcija sa amonijum laktatom)-AL metodom; 5. Lakopristupačni kalijum ( $\text{K}_2\text{O}$ ) plamenom fotometrijom (ekstrakcija sa amonijum laktatom) - AL metodom. Laboratorijske analize su urađene u Laboratoriji za zemljište i agroekologiju Instituta za ratarstvo i povrtarstvo (akreditovana od strane ATS prema SRPS ISO/IEC 17025:2006).

Srednja vrednost aktivne kiselosti (pH u  $\text{H}_2\text{O}$ ) za sve ispitivane uzorke iznosi 8,06 pH jedinica i ukazuje prema Thurin-u na blago alkalnu reakciju zemljišta. Poređenjem srednjih vrednosti aktivne kiselosti između 1992. i 2008. godine, uočava se povećanje ovih vrednosti sa 7,68 na 8,06 pH jedinica, što ukazuje na proces umerene alkalizacije zemljišta.

Srednja vrednost sadržaja  $\text{CaCO}_3$  iznosi 7,06%, a kreće se u rasponu od 0 do 26,08%. Najveći broj uzoraka spada u klasu slabo karbonatnih zemljišta.

Srednja vrednost sadržaja humusa iznosi 2,87%. Upoređenjem srednjih vrednosti sadržaja humusa iz 1992. i 2008. godine, ustanovljeno je da se njegov sadržaj neznatno povećao u proseku za 0,24% u proteklih šesnaest godina. Iako je humus, prema prosečnoj vrednosti blago povećan, sadržaj humusa ispod 3% je i dalje generalno nizak. Na visokokvalitetnim zemljištima južne Bačke, prema



Slika 1. Raspored lokaliteta na kojima su uzeti uzorci zemljišta sa brojevima uzoraka, na području Južne Bačke

Fig. 1. Layout of sites on which soil samples are taken with the number of samples in South Backa region

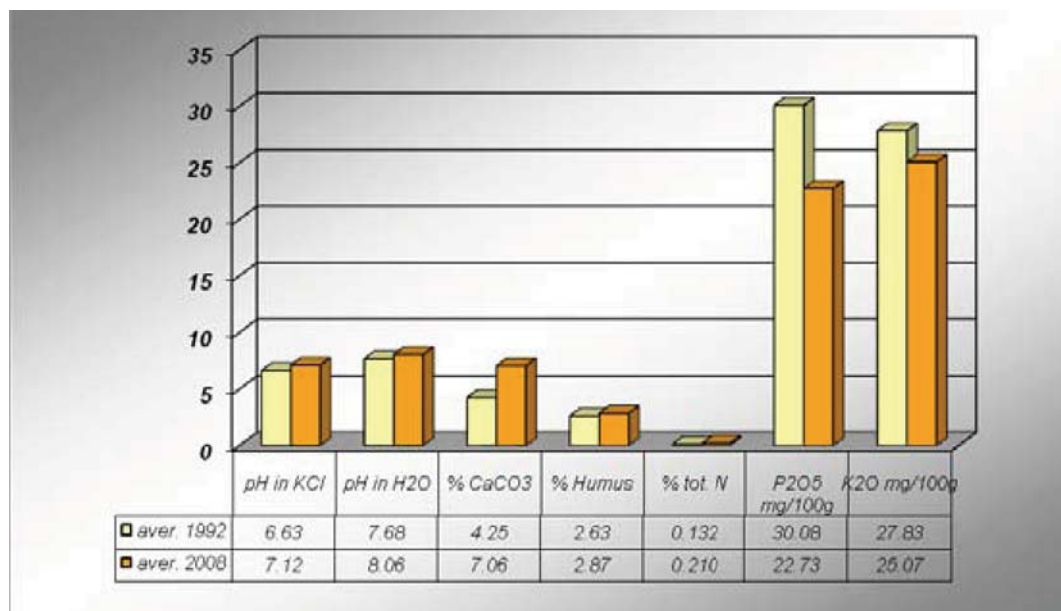
prirodnom potencijalu, treba očekivati da sadržaj humusa bude preko 5%.

Sadržaj lakopristupačnog fosfora je na optimalnom nivou (srednja vrednost 22,73 mg/100 g), a takođe i sadržaj lakopristupačnog kalijuma (srednja vrednost od 25,07 mg/100 g zemljišta). U posmatranom periodu (1992-2008) uočen je trend smanjenja sadržaja lakopristupačnog fosfora i kalijuma za celu teritoriju južne Bačke.

Sadržaj svih neophodnih mikroelemenata (Fe, Mn, Zn, B i Mo) sa izuzetkom Cu je ispod maksimalno dozvoljene koncentracije (MDK) (Sl. Glasnik RS, br. 23/1994). Povišen sadržaj ukupnog Cu utvrđen je samo u jednom uzorku, na zemljištu tipa černozem, pod šumom, sa lokaliteta Plavna-Mladenovo. Sadržaj Co i Cr u svim ispitivanim zemljištima ispod je MDK, i ne predstavlja opasnost od ulaska ovih toksičnih elemenata u lanac ishrane. Koncentracija As, Cd, Ni i Pb je povišena samo u pojedinim uzorcima zemljišta (Graf. 2). Nizak udeo pristupačnog sadržaja u ukupnom sadržaju As (0,66%), Cu (3,18%) i Ni (15,00%), ukazuje da je veći deo ovih elemenata u teško rastvorljivom obliku i da postoji mala opasnost da ovi elementi uđu u lanac ishrane, ili da značajnije ugroze agroekosistem. Povišen sadržaj Cd i Pb zabeležen je samo u dva ispitivana uzorka. Visok udeo pristupačnog u

ukupnom sadržaju Cd (64,07%) i Pb (56,07%), ukazuje da je veći deo ova dva elementa u zemljištu u rastvorljivom obliku i da postoji opasnost da ova dva elementa migriraju kroz profil zemljišta i da iz zemljišta pređu u podzemnu vodu i vodotoke i kontaminiraju ekosistem. Kako oba uzorka zemljišta sa povišenim sadržajem Cd i Pb potiču sa nepoljoprivrednog zemljišta, ne postoji realna opasnost da ovi elementi uđu u lanac ishrane, a zabeleženo zagađenje je lokalno.

Istraživanja u toku 2010. su se odnosila na utvrđivanje lakopristupačnog sadržaja nikla u zemljištima Srema. U uzorcima u kojima je ranijim istraživanjima utvrđen sadržaj ukupnog nikla iznad MDK, na osnovu učešća lakopristupačnog oblika u odnosu na ukupni, procenjeno je njegovo poreklo (Dozet 2011). Poznavanje osnovnih hemijskih svojstava zemljišta, kao i ukupnog i lakopristupačnog sadržaja nikla aktuelno je sa aspekta zaštite životne sredine i može da doprinese uočavanju opasnosti od degradacije zemljišta *in situ* na području Srema. Pri višim koncentracijama lakopristupačni oblik nikla može da uđe u lanac ishrane i postane toksičan za živi svet. Procentualni udeo pristupačnog sadržaja u ukupnom je dobar pokazatelj načina zagađenja zemljišta. Pošto je utvrđen nizak procentualni udeo pristupačnog nikla, sledi zaključak da je sadržaj Ni prirodnog porekla i da nema opasnosti



Grafikon 1. Glavni hemijski parametri zemljišta južne Bačke (srednje vrednosti analiziranih uzoraka) (Nešić i sar. 2009)

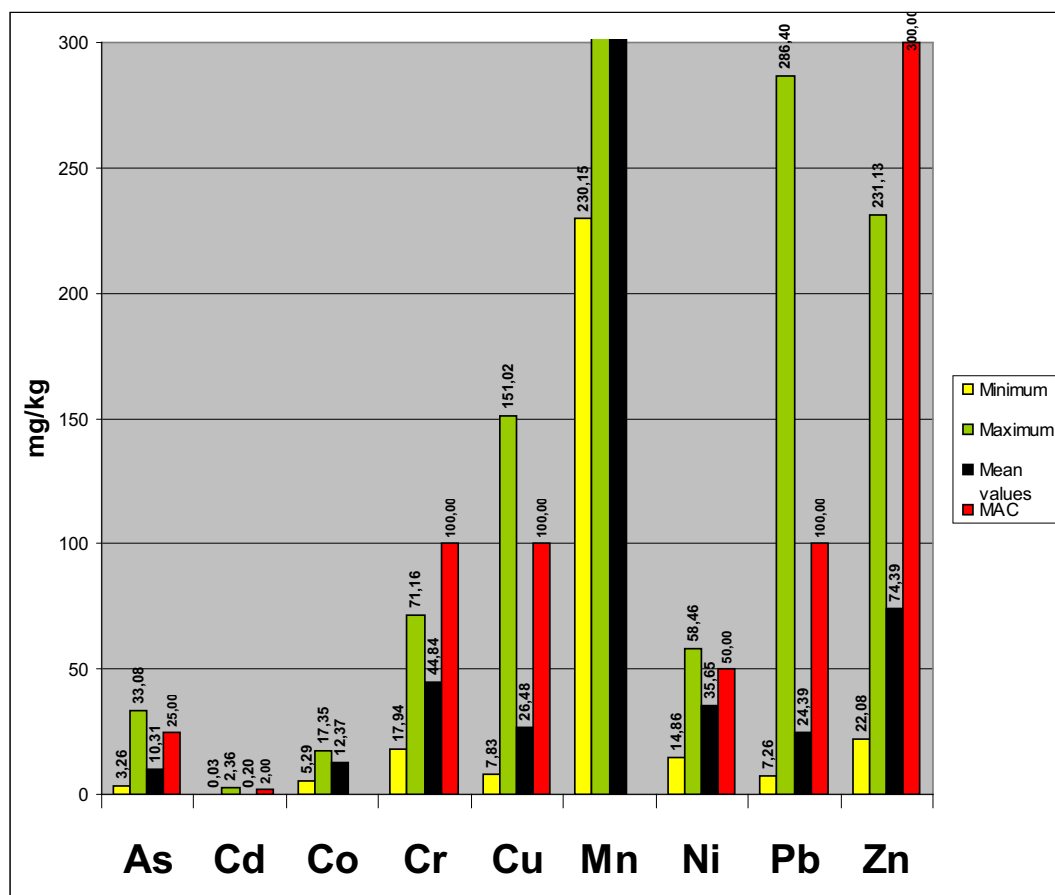
Graph 1. Main chemical properties of the soils of south Backa region (mean values for the analyzed samples) (Nešić et al. 2009)

od ulaska ovog elementa u lanac ishrane. Bez obzira na geohemijsko poreklo nikla u našim krajevima i malu mobilnost i pristupačnost, neophodna je stalna kontrola sadržaja ovog, ali i ostalih teških metala (Dozet i sar. 2011). U istraživanju je ispitano 97 reprezentativnih uzoraka zemljišta Srema iz površinskog horizonta (0-30 cm) kod kojih je ranijim istraživanjem utvrđen povišen sadržaj ukupnog nikla iznad MDK.

Istraživanja sadržaja ostataka pesticida u zemljištu na teritoriji južne Bačke, koja su obavljena u 1992. ponovljena su 2008. (Nesic et al. 2009a). Od ukupno 145 lokaliteta uzorkovanih 2008. nađeno je 100 lokaliteta koji su uzorkovani i 1992 (Nesic et al. 2010). U ukupnom broju ispitanih uzoraka oranice su zastupljene sa 73%, neobrađivo zemljište sa 9%, pašnjaci sa 6%, šuma sa 6% i bašte i voćnjaci sa 6%.

Rezultati ukazuju na nizak sadržaj ispitivanih pesticida u analiziranim zemljištima južne Bačke i na zaključak da ona nisu zagađena pesticidima (Pucarević et al. 2010). Poređenjem rezultata vidi se da je prosek zbira sadržaja lindana i njegovih metabolita daleko niži 2008. nego 1992. godine i iznosi 0,001 mg/kg a.s.z. Ovo se može objasniti time da se lindan sve manje upotrebljava u našoj zemlji i da je došlo do značajne razgradnje ranije unetog lindana u zemljište. Sadržaj lindana u oranicama je blizak opštem sadržaju, jer je udeo oranica u ukupnom broju uzoraka 73%. Sadržaj DDT i metabolita je takođe značajno niži 2008. nego 1992. godine (Pucarević et al. 2010).

Uočeno je značajno smanjenje sadržaja, kako osnovnog jedinjenja (DDT) tako i njegovih degradacionih proizvoda (DDE i DDD).



Grafikon 2. Minimalne, maksimalne i srednje vrednosti ukupnog sadržaja mikroelemenata i teških metala u zemljištu južne Bačke (Nešić i sar. 2009)

Graph 2. Minimum, maximum and mean values of total contents of micro-elements and heavy metals in the soils of south Backa region (Nešić et al. 2009)

## Mikrobiološki procesi u zemljištu i analitika herbicida

Prisustvo zagađivača u zemljištu, u zavisnosti od hemijskog svojstva i količine, izaziva stres po organizme. Mikroorganizmi kao najbrojnija grupa organizama u zemljištu daju informativnu ocenu zdravlja/kvaliteta (Milošević et al. 2008), kao i ekotoksičnosti zemljišta (Milošević i sar. 2008a). Zdravlje zemljišta je prvenstveno ekološko svojstvo u kome su sadržane biotičke komponente zemljišta (Milošević 2008, Milošević i sar. 2010).

Brojnost, raznovrsnost i enzimatska aktivnost mikroorganizama bioindikator su toksičnih efekata zagađivača na biološku aktivnost zemljišta. Pojedine vrste mikroba mogu se primeniti u bioremedijaciji, a pojedine bakterije i alge često se koriste kao biosenzori toksičnosti zemljišta (Milošević 2008, Milošević et al. 2008b, Cvijanović i sar. 2009a, Marinković i sar. 2009, Đurić 2010).

Poremećaji fizičko-hemijskih svojstva zemljišta, visoke koncentracije teških metala, pesticida i ostalih zagađivača su stresni činioci koji mogu da uzrokuju inhibiciju aktivnosti mikroorganizama (Tintor i sar. 2008, Milošević i sar. 2008a, Cvijanović i sar. 2009b, Milošević i sar. 2010). Teški metali u zemljištu utiču na mikrobnu populaciju u zemljištu, a efekat zavisi od elementa, doze i vrste/soja. Pojedini teški metali su esencijalni mikroelementi u malim količinama i potrebni su za rast mikroorganizama i biljaka. Smatra se da postoje tri načina vezivanja rastvorljivih teških metala od strane mikroorganizama (bioadsorpcija, bioakumulacija i vezivanje produktima metabolizma), što posredno utiče na smanjenje negativnog uticaja na biljke.

U nepovoljnim uslovima mikroorganizmi imaju sposobnost da prežive u zemljištu u neaktivnom stanju, ali se njihova aktivnost obnavlja u povoljnim uslovima. Siromašna i/ili degradirana zemljišta imaju veoma sužen opseg rodova i vrsta mikroorganizama (Milošević i sar. 2008a).

U zavisnosti od hemijskog jedinjenja, doze, ekoloških faktora, ali i grupe mikroorganizama, pesticidi utiču inhibitorno ili stimulatorno na mikrobiološku aktivnost zemljišta (Milošević et al. 2008, Đurić i Jarak 2009, Đurić 2010, Milošević i sar. 2010). Primarna populacija mikroorganizama razgrađuje pesticide već posle nekoliko dana od dospevanja u zemljište, dok sekundarna populacija produkuje indukovane enzime i razgrađuje ova hemijska jedinjenja posle perioda adaptacije. Pojedine grupe mikroba su indiferentne na primenjene herbicide (Milošević i sar. 2010).

Razgradnja herbicida u zemljištu zavisi od hemijskog sastava i količine (doze) primenjenog preparata, zatim od fizičko-hemijskih svojstava i obrade zemljišta, vlažnosti, temperature, biljnog pokrivača, brojnosti, aktivnosti, ali i diverziteta mikroorganizama. Većina mikroorganizama zemljišta ima sposobnost da razlažu herbicide, koristeći ih najčešće kao izvor ugljenika ili azota (Đurić 2010).

Ispitujući uticaj pet vrsta sulfonilurea herbicida (nikosulfuron, foramsulfuron, prosulfuron, primisulfuron-metil i rimsulfuron), dve koncentracije (doze) - preporučenu i dvostruku, kao i mesto uzimanja uzoraka (rizosfera i okolno zemljište) i njihove interakcije na ukupan broj bakterija u zemljištu pod usevom kukuruza ustanovljeno je da pojedinačni tretmani nisu imali značajnog uticaja na promenu njihove brojnosti u poljskim uslovima (Ostojić et al. 2009, Đurić 2010).

Na osnovu izračunatih najmanje značajnih razlika i interakcijskih odnosa uticaja vrste herbicida i preporučene i dvostruke doze herbicida pri suzbijanju korova u usevu kukuruza u cilju očuvanja zdravstvenog stanja, kvaliteta i biogenosti zemljišta kao i mikrobiološke raznolikosti i aktivnosti u njemu preporučuje se korišćenje rimsulfurona, primisulfuron-metila i prosulfurona umesto nikosulfurona i foramsulfurona (Ostojić 2009, Đurić 2010). Globalno, mikroorganizmi brže razlažu nikosulfuron od foramsulfurona. Izolovani soj *Azotobacter* spp. može da razgradi od 49,26% do 74,15% nikosulfurona u tečnoj podlozi u periodu od 72 sata.

Inokulacijom sa pojedinim sojevima azotobaktera, smanjuje se udeo primene mineralnog azota u poljoprivrednim biljnim vrstama (Milošević et al. 2008, Marinković i sar. 2009, Milošević i sar. 2009, Mrkovački i sar. 2009, Marinković et al. 2010, Mrkovački et al. 2010).

Tolerantnost mikroorganizama na pesticide i teške metale i pored smanjenja biodiverziteta omogućava da se pojedine vrste i rodovi koriste u procesima bioremedijacije zemljišta. Pojedini sojevi azotobaktera mogu da se koriste kao bioindikator prisustva visokih doza zagađivača, u popravci zemljišta kao zamena ili dopuna mineralnim azotnim đubrivima ili kao razgrađivači pojedinih pesticida. Mogućnost primene izolovanih i testiranih sojeva mikroorganizama na sadržaj sulfoniluree u zemljištu smanjio bi rizik fitotoksičnosti po narednu biljnu vrstu, odnosno pozitivno bi uticalo na ekotoksičnost zemljišta.

## Fitoekstrakcija teških metala i ugljovodonika iz zemljišta

Fitoekstrakcija je relativno nova i još uvek nedovoljno ispitana tehnologija remedijacije zagađenih zemljišta na kojoj se u svetu mnogo potencira zbog relativno niskih troškova i poštovanja pravila tzv. "zelene" tehnologije. Fitoekstrakcije se danas razvijaju u dva pravca: primena hiperakumulatora tj. biljnih vrsta koje mogu da akumuliraju i po nekoliko grama teških metala po kilogramu biomase i primena biljnih vrsta koje nisu hiperakumulatori ali imaju veliku biomasu. Takođe, često se, radi povećanja biodostupnosti teških metala zemljište tokom fitoekstrakcije tretira tzv. helatorima, supstancama koje vezuju metale u komplekse koje biljka može da usvaja.

Ispitivane su mogućnosti upotrebe dve poljoprivredne biljne vrste sa velikom biomasom: suncokreta (*Helianthus annuus*) i jare uljane repice (*Brassica napus*) za remedijaciju zemljišta zagađenog bakrom kao i efikasnost dva helatora etilendiamin dićilobarne kiseline (EDDS) i etilendiamin tetrasirćetne kiseline (EDTA) (Zeremski-Škorić 2010). U cilju utvrđivanja uticaja tretiranja zemljišta helatorima EDTA i EDDS na usvajanje i translokaciju Cu kod uljane repice i suncokreta postavljen je ogled u polukontrolisanim uslovima vegetacione kuće. Ogled je postavljen u tri ponavljanja za svaku biljnu vrstu i tretman. Za sve eksperimente je korišćeno autentično zagađeno zemljište u kojem je visok sadržaj Cu posledica višedecenijske upotrebe sredstava za zaštitu bilja na bazi Cu. Za izvođenje ogleada korišćeni su sudovi po Mitscherlich-u uz tretiranje zemljišta helatorima (vodeni rastvor Na-soli EDDS odnosno EDTA u odgovarajućim koncentracijama). Biljni materijal je samleven i pripremljen za analizu određivanja sadržaja metala digestijom sa  $c\text{cHNO}_3$  i  $c\text{cH}_2\text{O}_2$  u mikrotalasnom sistemu za digestiju uzoraka pod visokim pritiskom.

Sadržaj Cu, Ca, Mg, Fe, Mn, Cd, Cr, Ni, Pb i Zn u pripremljenim uzorcima je određivan metodom indukovano kuplovane plazme-atomske emisije spektrometrije (ICP-AES). Za ova merenja je korišćen instrument Varian Vista-PRO ICP-AES, Simultaneous, sa aksijalno postavljenom plazmom. Ovim ogledom utvrđeno je i u kojoj meri  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$  joni koji se nalaze u zemljištu ometaju proces vezivanja bakra u kompleks sa EDTA i EDDS, a zatim i usvajanje i translokaciju bakra u biljci (Zeremski-Škorić et al. 2010).

### *Uticaj helatora EDDS i EDTA na usvajanje i translokaciju Cu kod uljane repice i suncokreta*

Ispitivanjem potencijala suncokreta i uljane repice za fitoekstrakciju bakra iz zemljišta u uslovima bez helatora i uz primenu EDTA koji je slabo biodegradabilan i biodegradabilnog helatora EDDS, utvrđena je pozitivna korelacija između sadržaja bakra u nadzemnim delovima biljaka i doze helatora kao i veća selektivnost EDDS u odnosu na EDTA. Biljke koje su rasle na zemljištu tretiranom helatorima su imale neznatno manju biomasu od onih bez tretmana (Zeremski-Škorić 2010).

### *Uticaj smetajućih jona na kompleksiranje bakra sa EDDS i EDTA*

Joni koji potencijalno mogu ometati vezivanje Cu u kompleks sa EDDS i EDTA su joni onih metala koji sa ovim helatorima grade komplekse čija je konstanta stabilnosti bliska konstanti stabilnosti kompleksa sa Cu ili je niža, ali je njihova koncentracija u zemljištu dovoljno visoka da se favorizuje proces izgradnje kompleksa sa EDDS i EDTA. U zemljištu, potencijalno smetajućim jonima se smatraju Ca, Mg, Fe, Mn i Zn. Eksperimentalno je potvrđeno da se samo pojedini oblici Cu u zemljištu mogu vezati u kompleks sa EDDS i EDTA. To su pre svega Cu koji se nalazi u zemljišnom rastvoru i vezan za okside Mn i Fe dok se Cu vezan za organsku materiju i minerale gline veoma slabo kompleksira sa ovim ligandima. Efikasnost mobilizacije Cu u zemljištu pomoću EDDS veća je od efikasnosti EDTA. Ova značajna razlika u efikasnosti kompleksiranja se ne može objasniti konstantama stabilnosti kompleksa Cu-EDDS i Cu-EDTA koje su po svojim vrednostima veoma bliske, već uticajem prisustva smetajućih jona koji u različitoj meri konkurišu Cu za vezivanje u kompleks. Najveće smetnje potiču od Ca, posebno kada je u zemljištu prisutan u obliku jona  $\text{Ca}^{2+}$ .

## Primena hidrogela u poljoprivredi

Agrotehničkim merama, navodnjavanjem i odabirom gajenih sorti i hibrida otpornijih na sušu može se regulisati i popraviti vodni režim zemljišta i biljaka u promenljivim klimatskim uslovima, kakvi su na našem području (Maksimović et al. 2008, Babović et al. 2008, Milošev i sar. 2009, Milić i sar. 2009). Poslednjih godina, na našem tržištu mogu se naći i različiti pomoćni preparati za regulaciju vodnog režima zemljišta, tipa hidrogel. Njihova uloga usmerena je u proces regulacije snabdevanja biljaka vodom, odnosno poboljšanja sposobnosti zadržavanja vode u zemljištu u zoni aktivne rizosfere. Usvajanje

zemljišnog rastvora od strane čestice hidrogela u zemljištu ujedno poboljšava i režim ishrane biljaka, a smanjuje potrebu za navodnjavanjem.

U poljskim uslovima praćen je uticaj hidrogela na vodni režim biljaka, povećanje prinosa i iznošenja opasnih i štetnih materija iz zemljišnog rastvora. Eksperimentalna istraživanja su obavljena tokom 2009. i 2010. na oglednom polju Instituta za ratarstvo i povrtarstvo na Rimskim Šančevima sa ranim kupusom uz hidrogel domaće proizvodnje na zemljištu tipa karbonatni černozem lesne terase. Hidrogel je primenjen na tri načina, te je u ogledu bilo četiri tretmana: 1. Kontrola - bez primene hidrogela; 2. Gel - nabubrela hidrogel unešen u sadne jamice; 3. Prah - suvi hidrogel u prahu unešen u sadne jamice; 4. Prah - suvi hidrogel u prahu rasturen po površini zemljišta u obliku traka u području sadnje koji je inkorporiran u zemljište. U zavisnosti od godine ispitivanja, primena hidrogela ispoljila je različite uticaje na prinos i morfološke karakteristike ranog kupusa. Suma padavina u periodu vegetacije imala je značajan uticaj (Maksimović i sar. 2011), te zbog obilnih padavina nije se ispoljila sposobnost hidrogela da reguliše vodni bilans zemljišta. U 2009. godini ostvarene su statistički značajne razlike između varijante gel i ostalih varijanti. Najveći prinos ostvaren je u varijanti gel, a najmanji u varijanti trake. U još kišnijoj 2010. godini najveći prinos ostvaren je u varijanti trake, a najmanji na kontroli, što je statistički značajna razlika. Primena hidrogela, kako su pokazala istraživanja (Maksimović i sar. 2010) ne utiče značajno na osobine zemljišta (fizička svojstva, brzinu vodopropustljivosti, plodnost zemljišta), kao ni na zastupljenost ispitivanih grupa mikroorganizama i aktivnost enzima dehidrogenaze. Pošto je primenom hidrogela biljkama omogućen bolji vodni i hranidbeni režim, one se brže i bolje razvijaju i svojim većim prinosom iznose više materija iz zemljišta. Ukoliko se koriste biljke sa sposobnošću da iznose ugljovodonike, PAH-ove ili teške metale iz zemljišta proizilazi da će proces bioremedijacije biti ubrzan sa uvećanim iznosom štetnih materija (Maksimović i sar. 2009).

U cilju ispitivanja efekta primene hidrogela na intezitet bioremedijacije zemljišta zagađenih usled izlivanja nafte, uzorkovano je umereno zagađeno zemljište u krugu Rafinerije nafte kao i nezagađeno zemljište sa pogodnog lokaliteta, u blizini rafinerija, kao supstrata za postavljanje kontrolne varijante. Izvođenje ogleda je sprovedeno u 16 varijanti sa kontrolnim zemljištem (8 varijanti) i zagađenim zemljištem (8 varijanti). Svaka varijanta je ponavljena 3 puta uz dve biljne vrste (suncokret i uljana repica) i korišćenje hidrogela (8 varijanti). Za izvođenje ogleda korišćeni su sudovi po Mitscherlich-u (Sekulić i sar. 2009).

Izvedena istraživanja imala su za cilj ispitivanje uspešnosti bioremedijacije na zagađenim zemljištima izlivenom naftom u krugu rafinerija (Marinković i sar. 2009, Cvijanović i sar. 2009a), određivanje pogodnosti suncokreta i uljane repice za to kao i utvrđivanje efekta primene hidrogela na intezitet bioremedijacije. Biljke gajene na zagađenom zemljištu imale su znatno manju biomasu u odnosu na kontrolnu nezagađenu varijantu. U tretmanima sa dodatim hidrogelom (kontrola i zagađeno zemljište) registrovan je veći habitus biljaka usled boljeg vodnog režima.

Na osnovu analiziranog sadržaja ukupnih ugljovodonika pre i nakon ogleda fitoekstrakcije utvrđeno je značajno smanjenje sadržaja ukupnih ugljovodonika u svim uzorcima zagađenog zemljišta, što se može pripisati pojavi rizodegradacije koja podrazumeva biotransformacione procese u rizosferi kao posledicu lučenja različitih enzima mikroorganizama. Takođe, na niži sadržaj ukupnih ugljovodonika u zemljištu je verovatno uticao i vodni režim koji je primenjivan tokom celog eksperimenta kao i relativno visoke temperature koje su zabeležene u staklari pred kraj eksperimenta. Ove visoke temperature su verovatno pomogle isparavanju nižih frakcija ugljovodonika iz zemljišta (Sekulić i sar. 2009).

Na osnovu morfoloških pokazatelja ustanovljeno je da za uspešan proces fitoekstrakcije treba koristiti biljnu vrstu suncokret.



## Zaključak

Na osnovu detaljnih terenskih i laboratorijskih analiza zemljišta i eksperimentalnih oglada, iz mnogobrojnih zaključaka do kojih se došlo, mogu se izdvojiti sledeći:

Poređenjem rezultata iz 1992. godine sa ponovljenim ispitivanjima u 2008. godini došlo se do saznanja da su zemljišta južne Bačke generalno i dalje povoljnog kvaliteta, dobrih proizvodnih sposobnosti i nezagađena teškim metalima. Povišen sadržaj Ni preko MDK u zemljištima severnog Srema je geohemijskog porekla. Rezultati ispitivanja ukazuju na nizak sadržaj posmatranih pesticida u uzorcima zemljištima, te se može zaključiti da ona nisu zagađena pesticidima.

U zavisnosti od hemijskog jedinjenja, doze, ekoloških faktora, ali i grupe mikroorganizama pesticidi utiču inhibitoryno ili stimulatoryno na mikrobiološku aktivnost zemljišta. Primena izolovanih i testiranih sojeva mikroorganizama na sadržaj sulfonilurea u zemljištu smanjuje rizik fitotoksičnosti po narednu biljnu vrstu.

Utvrđena je pozitivna korelacija između sadržaja bakra u nadzemnim delovima biljaka i doze helatora. Koncentracije Cu u nadzemnom delu biljaka nakon primene EDTA su bile značajno niže nego kada je upotrebljen EDDS u istoj koncentraciji. Značajne razlike u efikasnosti kompleksiranja se ne mogu objasniti razlikama u konstantama stabilnosti kompleksa Cu-EDDS i Cu-EDTA, već uticajem prisustva Ca kao smetajućeg jona, koji u različitoj meri konkuriše Cu za vezivanje u kompleks.

Primena hidrogela nije značajno uticala na osobine zemljišta, zastupljenost mikroorganizama i aktivnost enzima dehidrogenaze, a na zagađenom zemljištu naftom biljke su imale veći habitus usled boljeg vodnog i hranidbenog režima.

## Literatura

- Babović J, Milić S, Maksimović L, Radojević V (2008): Irrigation management in field crop production. Drought management: Scientific and technological innovations, CHIEAM, Zaragoza. 199-205
- Cvijanović G, Milošević N, Jeločnik M (2009a): Mikrobiološka svojstva deosola u postupku biološke rekultivacije. XII kongres Društva za proučavanje zemljišta Srbije, Andrevlje, 07-11.09.2009, 216-217
- Cvijanović G, Milošević N, Živković V (2009b): Uloga mikroorganizama u biološkoj rekultivaciji zemljišta. Zbornik radova Ecolst'09, Ekološka istina, Kladovo, 31.05.-02.06.2009, 293-296
- Dozet D (2011): Sadržaj Ni u zemljištima Srema. Master teza. Poljoprivredni fakultet u Novom Sadu
- Dozet D, Nešić Lj, Belić M, Bogdanović D, Ninkov J, Zeremski T, Dozet D, Banjac B. (2011): Poreklo i sadržaj nikla u aluvijalno-deluvijalnim zemljištima Srema. Ratar. Povrt. 48: 369-374
- Durić S, Jarak M (2009): Uticaj primene sulfonilurea herbicida na brojnost mikroorganizama koji učestvuju u kruženju azota u zemljištu. XII kongres Društva za proučavanje zemljišta Srbije, Andrevlje, 07-11.09.2009, 68-69
- Durić S (2010): Mikroorganizmi zemljišta pod usevom kukuruza i njihov potencijal za razgradnju sulfonilurea herbicida. Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet u Novom Sadu.
- Hadžić V, Nešić Lj, Sekulić P, Ubavić M, Bogdanović D, Dozet D, Belić M, Govedarica M, Dragović S, Verešbaranji I (2004): Kontrola plodnosti zemljišta i utvrđivanje sadržaja opasnih i štetnih materija u zemljištima Vojvodine. Zbornik radova Naučnog instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad 40: 45-57
- Kastori R (1993): Teški metali i pesticidi u zemljištu. Poljoprivredni fakultet, Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad
- Maksimović L, Radojević V, Pejić B, Cicmil M, Dragović S (2008): Effect of irrigation on yield performance of various maturities grown under varying climatic conditions. BALWOIS - Conference on Water Observation and Information System for Decision Support, Ohrid, Republic of Macedonia, 1-6
- Maksimović L, Milić S, Ninkov J, Pejić B, Šeremešić S, Zeremski-Škorić T, Jakšić S, Mladenović D (2009): Mogućnost korišćenja hidrogela u fitoremedijaciji ugljovodonika pod usevom suncokreta. Zbornik abstrakata XII Kongresa Društva za proučavanje zemljišta Srbije: Stanje i perspektive u zaštiti, uređenju i korišćenju zemljišta, Novi Sad, 90-91
- Maksimović L, Milić S, Vasin J, Ninkov J, Zeremski-Škorić T, Milošević N, Marinković J (2010): Rezultati oglada sa hidrogelom u proizvodnji kupusa. Ratar. Povrt. 47: 309-316
- Maksimović L, Milić S, Grahovac N, Mladenović D, Jakšić S (2011): Primena hidrogela u proizvodnji kupusa. Tematski zbornik radova Melioracije 11, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Departman za uređenje voda, 157-164
- Marinković J, Milošević N, Đukić V (2009): Primena NS Nitragina-a: Prinos i kvalitet zrna soje. Zbornik radova EcoIst'09, Ekološka istina, Kladovo, 31.0-02.06.2009, 388-391
- Marinković J, Milošević N, Sekulić P, Ninkov J, Zeremski T (2009a): Mikrobiološka svojstva zemljišta rafinerije nafte na lokalitetima Novi Sad i Pančevo. XII kongres Društva za proučavanje zemljišta Srbije, Andrevlje, 07-11.09.2009, 222-223
- Marinković J, Milošević N, Sekulić P, Tintor B (2010): Microbiological properties of soil in oil refineries. XVIII International Scientific and professional meeting "Ecological Truth" Eco-Ist'10, Proceedings, 414-419
- Milić S, Bošnjak Đ, Maksimović L, Vasin J, Ninkov J, Zeremski-Škorić T (2009): Dinamika formiranja nadzemne mase krompira i biološki prinos u zavisnosti od predzalične vlažnosti zemljišta. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad 46: 23-32
- Milošević D, Šeremešić S, Đalović S, Jaćimović G (2009): Značaj agrotehničkih mera u ublažavanju posledica od suše. XIV Međunarodno-stručno savetovanje agronoma Republike Srpske. Zbornik sažetaka, 106-107, Trebinje, 23-26. mart 2009.
- Milošević N (2008): Mikroorganizmi – bioindikator zdravlja / kvaliteta zemljišta. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo 45: 505-515
- Milošević N, Tintor B, Cvijanović G (2008): Microorganisms and Soil Ecotoxicity. XII International Eko Conference 2008, Safe Food, Proceeding, 24-29.09.2008. Novi Sad, 59-65
- Milošević N, Sekulić P, Tintor B, Cvijanović G (2008a): Monitoring zdravlja / kvaliteta zemljišta u blizini industrijskih zona Vojvodine. Zbornik radova EcoIst'08 (Ur. M. Trumić), Ekološka istina, Sokobanja, 01-04.06.2008, 276-280
- Milošević N, Tintor B, Cvijanović G (2008b): Effect of inoculation with Azotobacter chroococcum on wheat yield and seed quality. International Conference «Conventional and molecular breeding of field and vegetable crops», Proceeding 24-27.11.2008, Novi Sad, 410-413
- Milošević N, Marinković J, Cvijanović G (2009): Primena biođubriva za leguminoze: kvalitetno i zdravo zemljište. Zbornik



- radova EcoIst'09, Ekološka istina, Kladovo, 31.0-02.06.2009, 400-404
- Milošević N, Sekulić P, Cvijanović G (2010): Mikroorganizmi kao bioindikatori zagađujućih materija u zemljištu. *Ratar. Povrt.* 47: 49-55
- Mrkovački N, Čačić N, Mezei S, Kovačev L, Nagl N (2009): Efekat primene mikrobiološkog đubriva za šećernu repu. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad* 46: 175-179
- Mrkovački N, Marinković J, Čačić N, Bjelić D (2010): Microbial abundance in rhizosphere of sugarbeet in dependence of fertilization and inoculation with *Azotobacter chroococcum*. *Res. J. Agric. Sci.* 42: 260-264
- Nesic Lj, Belic M, Manojlovic M, Pucarevic M (2008): Fertility status and hazardous and harmful residues in the soils of Srem (Serbia), Eurosoil 2008, Book of Abstracts, University of Natural Resources and Applied Life Sciences (BOKU) Vienna, Austria, August 2008, 286
- Nešić Lj, Pucarević M, Sekulić P, Belić M, Vasin J, Ćirić V (2008a): Osnovna hemijska svojstva u zemljiština Srema. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad* 45: 247-255
- Nešić Lj, Belić M, Manojlović M, Sekulić P, Pucarević M, Vasin J, Ćirić V, Zeremski T, Ninkov J (2009): Promene kvaliteta zemljišta Srema i južne Bačke u sklopu monitoringa 1992-2008. XII Kongres Društva za proučavanje zemljišta Srbije (sa međunarodnim učešćem) "Stanje i perspektive u zaštiti, uređenju i korišćenju zemljišta", Novi Sad, Nacionalni park Fruška Gora, Andrevlje 07-11. septembar, 2009, Zbornik abstrakta, 32
- Nesic Lj, Manojlovic M, Belic M, Sekulic P, Zeremski Skoric T, Vasin J, Ćiric V (2009a): Soil monitoring in the Vojvodina province (South Backa region), Serbia. International scientific thematic conference "Soil Protection Activities and Soil Quality Monitoring in South Eastern Europe" June 18-19. 2009. Sarajevo, Bosnia and Hercegovina, 84
- Nesic Lj, Pekec S, Ivanisevic P, Belic M (2010): Influence of underground water on hydromorphic soils in a protected area of alluvial plain in middle part of Danube basin. Fourth International Scientific Conference on Water observation and Information System for Decision support, Balwois 2010, Ohrid, Republic of Macedonia, 25-29 May 2010, 1-7
- Ostojić N, Zeremski-Škorić T, Sekulić P, Đurić S, Jakšić S (2009): Degradation of nicosulfuron in soil, 16th International Symposium on Analytical and Environmental Problems, SZAB Szeged, Hungary, 28 September 2009, 219-222
- Ostojić N (2009): Optimizacija uslova za određivanje sulfonilurea visoko pritisnom tečnom hromatografijom u formulacijama pesticida. Master teza. Tehnološki fakultet, Novi Sad
- Pucarević M, Nešić Lj, Belić M, Ćirić V, Bošković S (2010): Organochlorine pesticide residues content in the soils for food production. XIV International ECO-Conference 2010, 22-25 september Novi Sad, Safe Food, Proceedings, 81-89
- Republika Srbija (1994): Pravilnik o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu i vodi za navodnjavanje i metodama za njihovo ispitivanje. Službeni glasnik Republike Srbije, 23
- Schlichting E, Blume HP, Sthar K (1995): *Bodenkundliches Praktikum*. Paul Parey Verlag, Hamburg-Berlin
- Sekulić P, Maksimović L, Vasin J, Ninkov J, Zeremski-Škorić T, Milić S, Šeremešić S, Grba N (2009): Projekat zagađenosti zemljišta opasnim i štetnim materijama i mogućnost primene različitih metoda remedijacije – Projektni zadatak fitoekstrakcije ugljovodonika iz zemljišta (NIS – Naftna industrija Srbije). Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad i Poljoprivredni fakultet Novi Sad, 43.
- Tintor B, Milošević N, Marinković J, Pucarević M (2008): Mikrobiološka svojstva poljoprivrednih zemljišta pored frekventnih saobraćajnica i industrijskih zona. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo* 45: 225-232
- Zeremski Škorić T (2010): Usvajanje i translokacija bakra pod uticajem helatora i smetajućih jona kod uljane repice i sunčketa. Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu
- Zeremski-Škorić T, Sekulić P, Maksimović I, Šeremešić S, Ninkov J, Milić S, Vasin J (2010): Chelate-assisted phytoextraction: effect of EDTA and EDDS on copper uptake by *Brassica napus* L. *J. Serbian Chem. Soc.* 75: 1279-1289

## Soil Contamination in South Backa Region of Serbia with Dangerous and Harmful Substances

Livija Maksimović • Nada Milošević • Ljiljana Nešić • Tijana Zeremski-Škorić • Jovica Vasin • Jordana Ninkov • Nada Grahovac

**Summary:** Soil samples in disturbed state were taken in order to control fertility and monitor contents of harmful and hazardous substances in Vojvodina soils and possibilities of soil degradation in general. Moderately contaminated soils were selected for examination. Microbial activity in contaminated soil and the impact of harmful and hazardous substances (pesticides) on soil microorganisms were observed and most resistant microorganisms were isolated. Vegetation experiments were organized to study the effect of chelating agents EDTA and EDDS on copper adoption and translocation in rapeseed and sunflower. Importance of some ions in the complexation of copper chelators and their undesirable effects on copper uptake were established. Field trials were organized to study the effect of hydrogel on water uptakes by plants, increase in rate and the increase in rate of removal of hazardous and harmful substances from soil solution. At all phases of the project, we monitored the effectiveness of soil bioremediation soils by means of the application of chelating agents, stimulative preparations such as hydrogel and certain microorganisms. The effectiveness was measured in terms of plant growth rate and intensity in removal of hazardous and harmful substances from contaminated soil.

**Key words:** chelates, hydrogels, microorganisms, soils, soil contamination