

MIKROORGANIZMI – BIOINDIKATORI ZDRAVLJA/KVALITETA ZEMLJIŠTA

Nada Milošević

Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad

Izvod: Termin kvalitet se odnosi na fizička, hemijska i biološka svojstva zemljišta, a zdravljem su obuhvaćene biotičke komponente zemljišta. Kao najbrojnija grupa organizama mikroorganizmi su bioindikatori zdravlja/kvaliteta zemljišta. Oni pomažu u snabdevanju biljke osnovnim biogenim elementima, proizvode bioaktivne materije koje utiču povoljno na rast i razviće biljke, zatim razgrađuju pesticide i indikatori su fizičko – hemijskih svojstava, primene agrotehničkih mera, visokog sadržaja teških metala i pesticida, zbijenosti i prevlaživanja zemljišta. Zastupljenost koliformnih bakterija u zemljištima bašta ili/i nakon primene stajnjaka, komposta i otpadnih voda je indikacija sanitarnog svojstva zemljišta, koje je važno s aspekata zdravstveno-bezbedne proizvodnje hrane za humanu populaciju. Primena efektivnih, korisnih mikroorganizama kao biofertilizatora značajno utiče ne samo na biljnu vrstu već i na povećanu biološku aktivnost zemljišta.

Cljučne reči: mikroorganizmi, indikatori, zdravlje, kvalitet, zemljište

Uvod

Zemljište je najvažniji strateški resurs svake države zbog ishrane ljudske populacije. Neophodno je održavati kvalitet/zdravlje odnosno plodnost zemljišta i zaštititi ga od zagađivanja i degradacije. U mnogim državama su određene nacionalne strategije za čuvanje prirode i biodiverziteta (Wilhelm committee, 2001, Danska, cit. po Nielsen i Winding, 2002). Smernice za zaštitu zemljišta kao ekosistema u Evropi date su u izveštaju The Sixth Environmental Action Programme "Environment 2010: Our future, our Choice" (Huber et al., 2001), koji obuhvata neprekidnu brigu o životnoj sredini.

Termin kvalitet zemljišta za mnoge autore je sinonim za zemljišno *zdravlje* (Nielsen i Winding, 2002; Anderson, 2003). Međutim, po Doran i Safley (1997) *kvalitet* se odnosi na fizička, hemijska i biološka svojstva zemljišta, a terminom *zdravlje* fokusiraju se biotičke komponente zemljišta. Mikroorganizmi kao najbrojnija grupa organizama u celokupnoj metaboličkoj aktivnosti zemljišta učestvuju od 60 do 90 % (Lee, 1994). Oni pomažu snabdevanju osnovnim biogenim elementima (N, P, K) i proizvode bioaktivne materije tipa vitamina, giberelina i auksina (Milošević et al., 1999; Milošević i Jarak, 2005), zatim razgrađuju pesticide (Milosevic, Govedarica, 2002; Milošević et al., 2006) i indikatori su fizičko – hemijskih svojstava, primene agrotehničkih mera (Milošević et al., 1997; 1997a), visokog sadržaja teških metala (Govedarica et al., 1997), i pesticida (Govedarica et al., 2002; Milošević, et al., 2002a), zbijenosti i prevlaživanja zemljišta (Govedarica et al., 2002, 2002a; Milošević et al., 1996).

Zastupljenost koliformnih bakterija ukazuje na sanitarna svojstva zemljišta, značajna za zemljišta bašta, parkova, zatim posle primene stajnjaka, komposta i otpadnih voda (Milošević et al., 2004; 2007).

Monitoring mikrobiološkog svojstva zemljišta: poljoprivredna i nepoljoprivredna

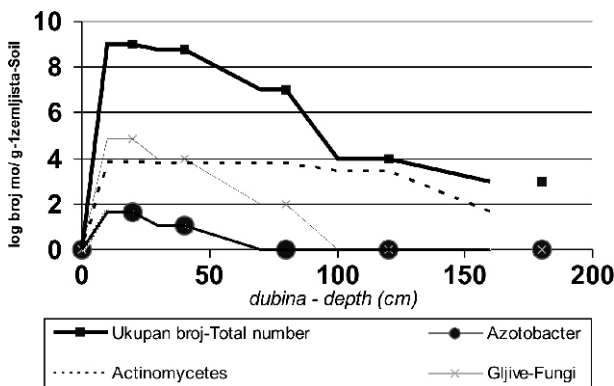
Održiva poljoprivreda zavisi od prognoza ali i preventivnih mera koje se preduzimaju prilikom intezivne obrade i unosa hemikalija u zemljište. Brojnost, aktivnost i bioraznovrsnost mikroorganizama u zemljištu činioци su koji određuju nivo biogenosti, odnosno njegovu plodnost (Stenberg, 199; Milošević i sar., 1999, 2005). Veliki deo istraživanja u proteklom periodu odnosi se na monitoring mikrobiološke aktivnosti kao indikatora zdravlja/ kvaliteta poljoprivrednog i nepoljoprivrednog zemljišta (Milošević i sar., 2005; Tintor i sar., 2006). Mikroorganizmi kao deo biološke komponente dobri su indikatori zdravlja zemljišta, jer brzo reaguju na promene u zemljišnom ekosistemu i imaju intiman odnos sa okruženjem zbog njihove velike površine u odnosu na zapreminu zemljišta koja ih okružuje.

Poljoprivredna zemljišta. Monitoring zastupljenosti pojedinih grupa mikroorganizama i enzimatska aktivnost kao indikatora primene mineralnih đubriva, obrade, pesticida, zatim prisustva visokih sadržaja teških metala, poremećaja usled sabijanja i prevlaživanja u poljoprivrednim zemljišta ukazuju na neophodnost mikrobioloških istraživanja za karakterizaciju zdravlja/kvaliteta zemljišta (Milošević i sar., 2006a).

Brojnost i biodiverzitet mikrobiološke populacije ili aktivnosti može otkriti promene u fizičko-hemijskim svojstvima zemljišta. Dominantnost pojedinih grupa mikroorganizama usmerava procese sinteze, razgradnje i određuje kvalitet zemljišta za proizvodnju zdravstveno ispravne hrane (Higa i Parr, 1994; Milošević et al., 2003, 2003a), s obzirom na to da njihova aktivnost u zemljištu može biti korisna ili štetna. Naime, niske vrednosti brojnosti i enzimatske aktivnosti korisnih mikroorganizama, kao i smanjenje biodiverziteta ukazuju na poremećaj, tj. degradaciju ili toksičnost zemljišta. Ovakvi poremećaji omogućavaju dominaciju patogenih mikroorganizama.

Mikroorganizmi reaguju na promene u zemljištu, ali se i veoma brzo adaptiraju na uslove životne sredine. Fizičko-hemijske karakteristike zemljišta su najvažnije svojstvo koje utiče na aktivnost mikroorganizama (Milošević et al., 1997a, 2003, 2003a). Višegodišnja istraživanja na lokalitetima Vojvodine pokazuju da su mikrobiološka svojstva značajna za karakterizaciju zemljišta (Govedarca i sar., 1993; Milošević et al., 2005b; Tintor i sar., 2006, 2007). U oraničnom sloju poljoprivrednih zemljišta pokazatelji opšte biološke aktivnosti ukupan broj mikroorganizama, *Azotobacter*-a i dehidrogenazna aktivnost su visoki, naročito do 30 cm dubine profila (Milošević i sar., 2003, 2003a; Tintor i sar., 2007).

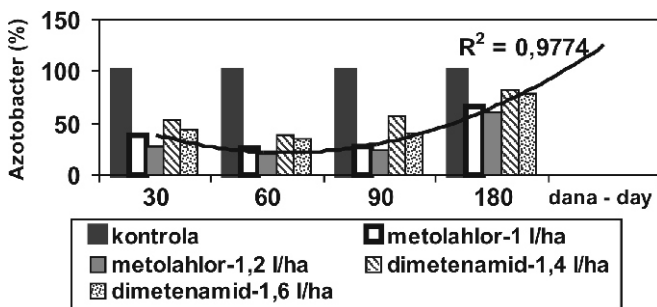
Brojnost mikroorganizama se smanjuje sa dubinom profila (Sl. 1) jer se značajno menjaju fizičko-hemijska svojstva, ali i vazdušno-vodni i toplotni režim zemljišta (Govedarica i sar., 1993; Milošević i sar., 2000, 2003; Kastori i sar., 2006).



Sl. 1. Zastupljenost mikoorganizama po dubini profila u černoze
 Fig. 1. The occurrence of microorganisms dependent
 (Milošević i sar., 2000)

Primena nižih doza mineralnih NPK đubriva u kombinaciji sa zaoravanjem žetvenih ostataka ili stajnjakom utiču pozitivno, a visoke doze mineralnih đubriva ($N_{130}P_{120}K_{80}$) inhibišu mikrobiološku aktivnost u zemljištu (Milošević i sar., 2003). Brojnost i aktivnost mikroorganizama je značajno smanjena u zemljištu pod monokulturom sa tendencijom rasta u plodoredima (Jarak i sar., 1999). Dugogodišnje duboko oranje utiče negativno na mikrobiološka svojstva zemljišta (Milošević et al., 1996), a upotreba mehanizacije u savremenoj poljoprivredi pravi veliki broj prohoda i gaženja zemljišta, što se odražava nepovoljno na strukturu zemljišta i biološku aktivnost (Milošević et al., 1996; Govedarica i sar., 2002a).

Meliorativne mere (drenaža i podrivanje), zatim popravka fizičko-hemijskih svojstava solonjeca (Milosevic et al., 1992) i unošenje $CaCO_3$ radi popravke kiselih zemljišta uglavnom povoljno utiču na mikrobiološku aktivnost u sloju zemljišta do 30 cm (Milošević et al., 1994; Kastori i sar., 2006).



Sl. 2. Uticaj herbicida na Azotobacter sp. (Govedarica and Milosevic, 2002)
 Fig. 2. Effect of herbicides to Azotobacter sp. (Govedarica and Milosevic, 2002)

U savremenoj poljoprivrednoj proizvodnji primena pesticida je redovna agrotehnička mera. Mikroorganizmi zemljišta su značajna karika u sistemu zemljište – biljka jer učestvuju u degradaciji pesticida, te su bioindikator prome-

na biološke aktivnosti zemljišta posle primene ovih hemijskih jedinjenja. Poluvreme raspada pojedinih pesticida se meri decenijskom razgradnjom, te bi u zemljištu bez mikroorganizama primena ovih jedinjenja imala nesagledive posledice na celokupni živi svet. Mikroorganizmi koriste herbicide i njihove metabolite kao izvore biogenih elemenata (Cook and Hutter, 1981; Milosevic et al, 2006).

Naša dugogodišnja istraživanja pokazuju da su herbicidi stimulisali rast i razviće *Actinomyces*, smanjile zastupljenost *Azotobacter*-a (Sl. 2) i aktivnost dehidrogenaze u zavisnosti od aktivne materije i koncentracije Po Govedarica i Milosevic (2002) i Milosevic et al. (2004a) mikrobiološka aktivnost zemljišta je uglavnom na nivou kontrole 60. dana posle primene herbicida.

Nepoljoprivredna zemljišta. Fizičko-hemijska svojstva, zatim biljni pokrivač i mikro-reljef utiču na brojnost mikroorganizama u zemljištima zaštićenih prirodnih dobara, zemljišta pored bara i jezera, pustare, pešćare, ritovi i dr. Ispitivana nepoljoprivredna zemljišta Vojvodine (Kastori i sar., 2006) sadrže humus u rasponu od 0,74 (siromašna zemljišta) do 6,41 % (dobro obezbeđena zemljišta) i uglavnom su sa smanjenim sadržajem fosfora i kalijuma, što se odrazilo i na mikrobiološku aktivnost. Uopšteno, rezultati pokazuju da u zemljištu pojedinih lokaliteta nije utvrđeno prisustvo *Azotobacter*-a, jednog od najvažnijih indikatora biološke aktivnosti zemljišta. Naime, niske pH vrednosti i mali sadržaj humusa nepovoljna su svojstva za rast i razviće ove grupe azotofiksatora. Veća zastupljenost aktinomiceta uočava se na svim lokalitetima (sem u izrazito kiselim zemljištima) u odnosu na zastupljenost gljiva. Bakterije su veoma heterogena grupa mikroba i uglavnom su brojnija u staništima neutralne reakcije, dok su gljive dominantne u kiselim sredinama (pojedini lokaliteti Fruške Gore, Karađorđevo).

Mikrobi: indikacija prisustva zagađivača

Zagađivači u zemljištu mogu biti neorganskog (hraniva-đubriva, kiseline, baze, teški metali, metaloidi i radionukledi) i organskog porekla (ugljovodonici tipa nafte i njenih derivata, zatim halogene organske komponente, pesticidi i dr). Takođe, zemljište mogu da zagađuju i materije neprirodnog porekla – ksenobiotici, koji se skoro ne uključuju u kruženje ugljenika, azota, sumpora i fosfora jer su mikrobiološki nerazgradive, te predstavljaju veliku opasnost za zdravlje, odnosno kvalitet zemljišta. Ekotoksikološki efekti organskih i neorganskih zagađivača pojačavaju se međusobnom interakcijom kada se nađu zajedno, te izazivaju genetske promene organizama u zemljištu. Mikrobi imaju najznačajniju ulogu u biološkoj degradaciji hemijskih zagađivača. Enzimatskim sistemima mikroorganizama u procesima mineralizacije organske komponente prelaze u neorganske.

Herbicidi. Mikroorganizmi zemljišta a) učestvuju u degradaciji pesticida, b) indikatori su promena biološke aktivnosti zemljišta posle primene ovih hemijskih jedinjenja, c) pojedine vrste mikroba mogu se primeniti kao biopesticidi i d) biosenzori toksičnosti (Milosevic and Govedarica, 2002; Milošević et al., 2007a).

Primarna populacija mikroorganizama razgrađuje herbicide 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. Naša dugogodišnja istraživanja (Milosevic et al., 2006) pokazuju da su *Actinomyces*, *Azotobacter* sp. i aktivnost dehidrogenaze pouzdani indikatori uticaja herbicida na biogenost zemljišta.

Teški metali. Uticaj teških metala na aktivnost mikroorganizama zavisi od elementa, koncentracije, vrste mikroba i fizičko-hemijskih svojstava zemljišta (Ehrlich, 1997; Govedarica et al., 1997). Teški metali toksični su za mikroorganizme ovim redom: Hg > Ag > Al > Cu > Cd > Zn > Pb > Cr > Ni > Co, ali u malim koncentracijama pojedini elementi su biogeni Fe, Mn, Cu, Co, Ni i Zn (Govedarica et al., 1997). Gvožđe, bakar i kobalt su uključeni u metabolizam mikroorganizama, a cink, mangan i nikal su katalizatori enzimatskih reakcija. Niske koncentracije nekih teških metala stimulišu mikrobiološke procese u zemljištu. Međutim, visoke koncentracije teških metala utiču negativno na mikrobiološku aktivnost zemljišta, a stepen inhibicije zavisi od grupe ili vrste mikroorganizama (Milosevic et al., 2002b; Milošević i sar., 2007a; Milošević i Jarak, 2005).

Deponije. Prilikom proizvodnje sirove nafte, osim akcidentnih situacija izlivanja nafte prilikom njenog crpljenja i transporta, veliki problem je i deponovanje isplačnog mulja-isplake iz naftno-gasnih bušotina. Naša istraživanja mikrobiološke aktivnosti u okviru projekta rekultivacije deponija isplake na više lokaliteta u Vojvodini pokazuje da su brojnost mikroorganizama i dehidrogenazna aktivnost pouzdani indikatori sa aspekta davanja ocene o kvalitetu/zdravlju zemljišta (Milošević et al., 2006b; Milošević i sar., 2007a). Naša istraživanja na lokalitetu Mokrin (Milošević i sar., 2007a) pokazuju da hemijska svojstva zemljišta (na dubini do 50 cm) deponija utiču na smanjenje ukupnog broja mikroorganizama, ali na značajno povećanje aktinomiceta, gljiva i dehidrogenazne aktivnosti (Tab. 1).

Tab. 1. Zastupljenost mikroorganizama i aktivnost dehidrogenaze u ritskoj crnici i deposlu (Milošević i sar., 2006c)

Tab. 1. The number of microorganisms and dehydrogenase activity in humogley and deposole (Milošević i sar., 2006c)

Tip zemljišta Soil type	Ukupan broj Total number ($\times 10^7 \text{g}^{-1}$)	<i>Actinomyces</i> ($\times 10^4 \text{g}^{-1}$)	Gljive – <i>Fungi</i> ($\times 10^4 \text{g}^{-1}$)	DHA ($\mu\text{g TPFg}^{-1}$ zemljišta-soil)
R. crnica – Humogley	66,54	4,00	4,78	42
Deposol – Deposole (1)	39,16	11,50	9,00	189
Deposol – Deposole (2)	3,56	8,65	16,56	345

Ispitivanja zemljišta velikih zagađivača neposredno u blizini fabrika na lokalitetu Sombor (*Black horse*) i u Beočinu (*BFC Lafarž*) pokazuju da su olovo i nikal neujednačeno uticali na zastupljenost azotobaktera (Milošević i sar., 2006c). Izuzetno visoke vrednosti prisutnog olova u zemljištu su uglavnom negativno uticale na ovu grupu mikroorganizama ($0,00 - 17,56 \times 10^1$ na g zemljišta). Aktivnost oksido-redukcionog enzima dehidrogenaze je visoka na svim ispitivanim lokalitetima, što pokazuje da su procesi pod uticajem enzimatske aktivnosti mikroorganizama u zemljištu veoma burni.

Sanitarni aspekt kvaliteta zemljišta: mikrobiološka indikacija

Poslednjih godina istraživanja u nas su obuhvatila pored pokazatelja biološke aktivnosti (biogenosti) odnosno plodnosti/kvaliteta zemljišta i zastupljenost koliformnih bakterija. Naime, prisustvo bakterija iz grupe koliforma ukazuje na sanitarni aspekt kvaliteta zemljišta, odnosno na mogućnost infekcije sa *Esheri- chia coli* i *Klebsiella* spp. – indikatora svežeg zagađenja iz fecesa humanog ili životinjskog porekla. Prisustvo koliformnih bakterija, naročito *E. coli* u površinskom sloju značajna su za urbanu sredinu, odnosno za zemljišta bašta, parkova (Milosevic et al., 2007) i igrališta u predškolskim ustanovama (Tab. 2). Gradska i prigradska poljoprivreda je fokusirana uglavnom na proizvodnju povrća u baštama (često u blizini septičkih jama) ili plastenicima (mogućnost korišćenja komposta za rasad) (Milošević i sar., 2004). Pored problema sa visokim sadržajem teških metala u zemljištu susrećemo se i sa velikim brojem koliformnih bakterija kao mogućim zagađivačima rizičnim po zdravlje humane populacije. Humanu populaciju ne ugrožavaju sve vrste koliformnih bakterija, ali su idikacija prisutnosti rizika po zdravlje.

Tab. 2. Zastupljenost koliformnih bakterija u urbanim zemljištima

Tab. 2 . Number of coliform bacteria in urban soil

Zemljište/Lokalitet Soil/Site	Ukupan broj koliformnih bakterija <i>Total coliform bacteria</i> g ⁻¹ aps. suvog zemljišta g ⁻¹ aps. dry soil	<i>E. coli</i>	<i>Klebsiella</i> spp.
Bašte – <i>Gardens</i> (Novi Kneševac)	66-833	0,33-3,33	60-600
Bašte – <i>Gardens</i> (Rumenka, u blizini septičke jame)	24.090 – 117.100	65.890 – 79.690	253 – 4.514
Parkovi – <i>Parks</i> (Novi Sad)	0,00 – 7	0,00 – 2	0,00
Obdanište, pesak – <i>Playground, Sand</i>	0,00	0,00	0,00
Kompost – <i>Kompost</i>	5 x 10 ⁹	>105 <105	Nije testirano <i>Not tested</i>

*Izvor podataka: Milošević et al., 2004; 2007. i neobjavljeni rezultati

*Data Source: Milošević et al., 2004; 2007 and unpublished results

Naša istraživanja pokazuju (Tab. 2) da blizina septičkih jama, odnosno neadekvatno usmeravanje otpadnih voda utiče na visoko zdravstveno rizičnu proizvodnju povrća u baštama (Rumenka). Takođe, potrebno je testirati kompost na prisustvo koliforma pre upotrebe, jer postoji veliki rizik po zdravlje korisnika, naročito u cvečarstvu i povrtarstvu. Velika zastupljenost koliforma u kompostu treba da ukaže proizvođaču na obaveznu sterilizaciju pre upotrebe. Testiranja zemljišta parkova Novog Sada i peska u bazenu za igru dece pokazala su nizak nivo koliformnih bakterija u periodu ispitivanja.

Primena korisnih mikroba: kvalitetnije i zdravije zemljište

Sve značajniju primenu imaju novi prilazi poljoprivrednoj proizvodnji biljnih vrsta kao alternativna, održiva poljoprivreda, zatim povećanje zdravlja/kvaliteta zemljišta i korišćenje korisnih i efektivnih mikroorganizama kao biofertilizatora, stimulatora ili biokontrolora fitopatogena.

Biođubriva sa bakterijama, gljivama i algama mogu biti alternativa i/ili dopuna mineralnim đubrivima u proizvodnji poljoprivrednih biljnih vrsta (Milošević i Govedarica, 2001). Mikrobnii inokulanati-biofertilizatori smanjuju upotrebu skupih azotnih đubriva i omogućavaju biljci lakše usvajanje fosfora. Poslednjih decenija sve više se koriste biopreparati sa simbiotskim (*Rhizobium/Bradhyrhizobium*) i asimbiotskih azotofiksatorima (bakterije *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Beijerinckia*, *Klebsiella planticola* i plavo-zelene alge) kao i njihove smeše sa *Bacillus* spp. Procenjuje se da u zavisnosti od vrste leguminoza, fiksacija azota u zavisnosti klimatskih regiona je u rasponu od 140 kg. ha⁻¹ (u našim zemljištima) do 800 kg. ha⁻¹ (tropski predeli) godišnje (Wani et al., 1994). Inokulacija sa azotobakterom kao nesimbioznim azotofiksatorom u našim klimatskim uslovima može da zameni i do 60 kg mineralnog azotnog đubriva. (Milošević i Govedarica, 2001, Milošević i Jarak, 2005). Inokulacija biljaka sa simbiotskim i asimbiotskim diazotrofima (Tab. 3), značajno utiče na povećanje prinosa kvaliteta zrna, biomase, poboljšanje strukture zemljišta i uštede mineralnog azotnog hraniva od 20 do 70% (Govedarica et al., 1997a; Milosevic i Govedarica, 2001; Milošević i Jarak, 2005).

Tab. 3. Uticaj diazotrofa na prinos kukuruza, pšenice, šećerne repe i suncokreta (%)
Tab. 3. Effects of diazotrophs on maize, wheat, sugar beet and sunflower yield (%)

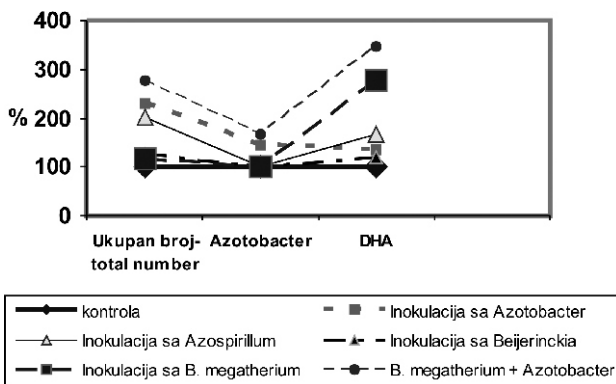
Bakterija Bacteria	Kukuruz - Maize Prinos zrna Grains yield (%)	Pšenica - Wheat Masa 1000 zrna 1000 grains mass (%)	Šećerna Repa Sugarbeet Prinos korena Root yield (%)	Suncokret Sunflower Prinos zrna Grain yield (%)
Kontrola - Control	100	100	100	100
<i>Azotobacter chroococcum</i>	101-105	107-136	110-118	102-113
<i>Azospirillum lipoferum</i>	101-105	104-112	103-107	103-107
<i>Beijerinckia</i> spp	101-102	110-115	100,5-101	100,5-101
<i>Klebsiella planticola</i>	103-105	106-124	102-118	102-118

*Izvor podataka: Govedarica et al., 1997a; Milosevic i Govedarica, 2001; Milošević i Jarak, 2005

*Data Source: Govedarica et al., 1997a; Milosevic i Govedarica, 2001; Milošević i Jarak, 2005

Efekat inokulanata zavisi od vrste i soja bakterija i koncentracije bakterijskih ćelija u preparatu, oblika (forme) preparata, biljne vrste, primenjenih agromeliorativnih mera, fizičko-hemijskih svojstava zemljišta (Bashon and Levano, 1990; Milosevic i Govedarica, 2001; Milošević i Jarak, 2005).

S obzirom na cilj rada, naglasiceemo važnost primene inokulanata sa azotofiksatorima kao korisno-efektivnim mikroorganizma, s aspekta strategije kontrole biološke aktivnosti zemljišta.



Sl. 3. Uticaj inokulacije na biološku aktivnost zemljišta
Fig. 3. Effect of inoculation on biological soil activity

Povećanje korisnih mikroorganizama značajno utiče na zdravlje/kvalitet zemljišta. Inokulanti utiču na kvalitativan i kvantitativan sastav mikrobiološke populaciju i usmeravaju biohemijske procese povećavajući biogenost što se reflektuje na kvalitet, odnosno zdravlje zemljišta (Sl. 3). Naime, primena efektivnih, korisnih mikroorganizama i njihova veća zastupljenost deluje inhibitory na razvoj fitopatogena i usmeravaju prelazak iz bolesno-indukovanih u zimogena i sintezna zemljišta.

Zaključak

Korišćenje mikroorganizama kao indikatora zdravlja/kvaliteta zemljišta i neposredno unošenje efektivnih, korisnih mikroba uklapa se u koncept kontrole zemljišta za optimum biljne proizvodnje. Zdravo/ kvalitetno zemljište uslovljava i zdravstveno bezbednu ishranu ljudske populacije.

Literatura

- Anderson, T.H. (2003): Biotic Indicators for Biodiversity and Sustainable Agriculture. Agriculture, Ecosystems and Environment, Vol. 98, 1-2, 285-293.
- Bashan, Y., Levanony, H. (1990): Current status of *Azospirillum* inoculation technology: *Azospirillum* as a challenge for agriculture. Can.J.Microbiol., 36, 591-608.
- Cook, A.M. and Hutter, R. (1981): s-Triazines as nitrogen sources for bacteria. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 29, 1135-1143.
- Doran, J.W. and Safley, M. (1997): Defining and assessing soil health and sustainable productivity. In: Pankhurst, C. E. et al. (Eds.), Biological Indicators of Soil Health, CAB International, New York, 1-28.
- Ehrlich, H. L. (1997): Microbes and metals, Appl. Microbiol. Biotechnol., 48, 687-692.
- Govedarica, M., Jarak, Mirjana, Milošević, Nada (1993): Mikrobiološke karakteristike zemljišta Vojvodine. U Teški metali i pesticidi u zemljištima Vojvodine, Poljoprivredni fakultet, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 259-268.
- Govedarica, M., Milošević, Nada, Jarak, Mirjana (1997): Teški metali i mikroorganizmi zemljišta, U: Kastori, R. (ed.), Teški metali u životnoj sredini, Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 153 - 194.

- Govedarica, M., Milošević, Nada, Jarak, Mirjana, Jeličić, Zora, Protić, R., 1997a: Diazotrophs and their Activity in Maize and Wheat. Biological Nitrogen Fixation for the 21 st Century, U: Elmerich et al (eds.), Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture, Kluwer Academic Publish, Dordrecht, Boston, London, Vol. 31, 408-409.
- Govedarica, M. Milošević, N. (2002): Effect of dimethenamid and metolachlor on microbial activity in sugarbeet rhizosphere soil. In: Albanis T. (ed.), Proceeding of the 2nd European Conferences on Pesticides and Related Organic Micropollutants in the Environment, University of Ioannina, Corfu, Greece, 313-315.
- Govedarica, M., Milošević, Nada, Jarak, Mirjana (2002a): Uticaj sabijanja zemljišta na mikroorganizme i njihove aktivnosti. U: Nikolić, R. i sar. (eds.) Istraživanje uzroka, posledica i mera za smanjenje i kontrolu sabijanja zemljišta, Univerzitetska naučna knjiga, Novi Sad, IX poglavlje, 93-103.
- Govedarica, M. and Milošević, Nada, 2002: Effect of dimethenamid and metolachlor on microbial activity in sugarbeet rhizosphere soil. In: Albanis T. (ed.), Proceeding of the 2nd European Conferences on Pesticides and Related Organic Micropollutants in the Environment, University of Ioannina, Corfu, Greece, 313-315.
- Jarak, Mirjana., Govedarica, M., Milošević, Nada, 1999: Mikroorganizmi i plodored. U Plodoredi u ratarstvu, monografija (I. Molnar, ur.), Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, N. Sad, 277-354.
- Higa, T., Parr, J. F., 1994: Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment. International Nature Farming Research Center, Atami, Japan, 1-20.
- Huber, S., Syed, B., Freudenschuss, A., Ernstsens, V., Loveland, P., 2001: Proposal for a European soil monitoring and assessment framework. Technical report, No 61, European Environment Agency, Copenhagen, Denmark.
- Kastori, R., Kadar, I., Sekulić, P., Bogdanović, Darinka, Milošević, Nada, Pucarević, Mira, 2006: Uzorkovanje zemljišta i biljaka nezagađenih i zagađenih staništa. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, pp.224.
- Lee, K.E. (1994): The functional significance of biodiversity in soils, 15th Congress of Soil Science, Acapulco, Mexico, Vol 4a, 168 – 182.
- Milošević, Nada, Govedarica, M., Jarak, Mirjana, 1993: Žetveni ostaci – važan faktor snižavanja negativnog uticaja visokih doza NPK đubriva na biogenost zemljišta. II simpozijum: Hemija i zaštita životne sredine. Zbornik radova, Vrnjačka Banja 365-366.
- Milošević, Nada, Govedarica, M., Jarak, Mirjana, Hadžić, V., Sekulić, R., 1994: Correlation between enzyme activities and meliorative practices applied to solonetz soil. Soil and Plant, Vol. 43, No 1, 25-37.
- Milošević, Nada, Govedarica, M., Jarak, Mirjana, Hadžić, V., Belić, M., 1996: Effect of Compaction on Soil Structure, Microbial Populations and Enzyme Activities, Biologia, Cluj, XII, 1-2, 79-84.
- Milošević, Nada, Govedarica, M., Jarak, Mirjana, 1997: Mikrobi zemljišta: značaj i mogućnosti, U: Dragović S. (ed), Uređenje, korišćenje i očuvanje zemljišta, JDPZ, 389 -398.
- Milošević, Nada, Govedarica M., Jarak, Mirjana, 1997a: Mikrobiološka aktivnost-važno svojstvo u određivanju plodnosti zemljišta, Zbornik radova, Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 29: 45-52.
- Milošević, Nada, Govedarica, M., Jarak, Mirjana, 1999: Soil microorganisms – an important factor of agroecological systems. Zemljište i biljka, Vol. 48, No. 2, 103-110.
- Milošević, Nada, Govedarica, M., Jarak, Mirjana, 2000: Mikrobiološka svojstva zemljišta ogleadnog polja Rimski Šančevi. Zbornik Radova, Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, N. Sad, sv. 33, 13-20.
- Milošević, Nada, Govedarica, M., 2001: Mikrobnii inokulanti – biofertilizatori kao zamena i/ili dopuna mineralnim đubrivima? 1st International Simposium, Food in the 21st century, Book of Proceedings, Subotica, 216-223.

- Milošević, Nada, Govedarica, M. (2002): Effect of herbicides on microbiological properties of soil, Zbornik Matice Srpske za prirodne nauke, Novi Sad, No 102, 5 – 21.
- Milošević, Nada, Govedarica, M., Jarak, Mirjana (2002a): Effect of prometryn on microbial activity of soil under soybean and sunflower. In: Albanis T., (ed.), Proceeding of the 2nd European Conferences on Pesticides and Related Organic Micropollutants in the Environment, University of Ioannina, Corfu, Greece, 336-338.
- Milošević, Nada, Govedarica M., Kastori R. and Petrovoć N. (2002b): Effect of nickel on wheat plants, soil microorganisms and enzymes. *Biologia*, XLVII, 1, 177-181. Cluj.
- Milošević, Nada, Govedarica, M., Ubavić, M., Hadžić, V., Nešić, Ljiljana (2003): Mikrobiološke karakteristike zemljišta: osnova za kontrolu plodnosti. Zbornik radova, Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 39: 93-100.
- Milošević, Nada, Govedarica, M., Sekulić, P. (2003a): Mikrobiološka svojstva zemljišta pod povrćem na lokalitetu Bačko Gradište. Zbornik radova, Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 39: 101-107.
- Milošević, Nada, Dozet D., Bogdanović, Darinka, Vasin, J. (2004): Korisni i štetni mikroorganizmi-indikatori zdravog zemljišta, III međunarodna EKO- konferencija, Zdravstveno bezbedna hrana, Tematski zbornik I, Novi Sad, 151-156.
- Milošević, Nada, Govedarica, M., Cvijanović, Gorica (2004a): Microorganisms as indicators of herbicide effect on biological activity of soil. *Acta herbologica*, 13, (1), 243-250.
- Milošević, Nada, Jarak Mirjana (2005): Značaj azotofiksacije u snabdevanju biljaka azotom. U: R. Kastori (ed.) Azot – agrohemijski, agrotehnički, fiziološki i ekološki aspekti, Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 305-352.
- Milošević, Nada, Sekulić, P., Kuzevski, Janja, Jeličić, Zora, Krstanović, S. (2005a): Mikroorganizmi kao indikatori plodnosti i zdravlja zemljišta pod povrćem. Zbornik naučnih radova, PKB INI Agroekonomik, 10, (1), 55-64.
- Milošević Nada, Cvijanović Gorica, Tintor Branislava (2006): Herbicides effects on microbial activity in agricultural soil. *Herbologia*, An International Journal on Weed research and Control, Vol. 7, No. 2, 57-70.
- Milošević, Nada, Jarak, Mirjana, Milić, Vera, Mrkovački, Nastasija (2006a): Mikrobiološka istraživanja od teoriskih osnova do preparata (1966-2006). Zornik. radova, Naučni institut za ratarsvo i povrtarstvo, Novi Sad, sv. 42,327- 338.
- Milošević, Nada, Tintor, Branislava, Ralev, Jordana, Cvijanović, Gorica, 2006b: Mikrobiološka svojstva ritske crnice i deposola na lokalitetu Mokrin. Zbornik radova Ecolst'06 (Ur. M. Trumić), Ekološka istina, Sokobanja, 285-289.
- Milošević, Nada, Tintor, Branislava, Sekulić, P., Jokanović, Svetlana (2006c): Mikroorganizmi-indikatori kvaliteta / zdravlja zemljišta. Zbornik radova: Druga regionalna konferencija Životna sredina ka Evropi, CD, 5-7.06.2006, Beograd
- Milosevic Nada, Tintor, Branislava, Sekulic, P. (2007): Microbiological properties of soil in Novi Sad parks. XI International Eko Conference Environmental Protection of urban and suburban settlements, Proceeding I, 26-29.09.2007. 143-48.
- Milošević, Nada, Cvijanović, Gorica, Tintor, Branislava (2007a): Mikroorganizmi kao indikatori ekotoksičnosti zemljišta. Zbornik radova Ecolst'06 (Ur. M. Trumić), Ekološka istina, Sokobanja.
- Nielsen, M.N., Winding, A. (2002): Microorganisms as indicators of soil health. National Environmental Research Institute. Denmark, Technical report, 388, 1-86.
- Stenberg, B. (1999): Monitoring soil quality of arable land: microbiological indicators. *Acta Agriculture Scandinavia*, 49, 1-24.
- Tintor, Branislava, Milošević, Nada, Sekulić P., Vasin, J. (2006): Zastupljenost mikroorganizama i dehidrogenazna aktivnost poljoprivrednih zemljišta Vojvodine. EKO-konferencija 2006, Zdravstveno bezbedna hrana, Tematski zbornik I, 107-112.
- Tintor, Branislava, Milošević, Nada, Sekulić, P., Marinković, Jelena, Cvijanović, Gorica (2007): Mikrobiološka svojstva černoze na lokalitetima u okolini Novog Sada. Zbornik radova, Naučni institut za ratarsvo i povrtarstvo. Novi Sad, Sv. 43, 318 – 338.

- Tintor, Branislava, Milošević, Nada, Nešić, Ljiljana, Jarak, Mirjana, Jakanović, Svetlana (2007a): Zastupljenost azotobaktera u zemljištima Srema. U M. Trumić (Ed.) Zbornik radova Ecolst'06, Ekološka istina, Sokobanja, 233-236.
- Wani, S.P., Rupela, O.P., Lee, K.K. (1994): BNF Technology for Sustainable Agriculture in the Semi-Arid Tropics. 15 th World Congress of Soil Science, Acapulco, V.4a, 245-262.

MICROORGANISMS – BIOINDICATORS OF SOIL HEALTH/ QUALITY

Nada Milošević

Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad

Summary: The soil is an ecosystem and the habitat of numerous diverse microorganisms, whose enzymes play the central role in soil metabolic activity. The term *healthy soil* implies an ecological approach to studying the environment with the aim of obtaining high, top-quality crop yields while maintaining a biological balance in nature. Microorganisms account for 60-90% of all soil metabolic activity. They help supply plants with the basic biogenic elements (N, P, K), produce bioactive substances, degrade pesticides and are indicators of high levels of heavy metals as well as of soil compaction and waterlogging. Dominance of certain microbial groups slows down the processes of synthesis and degradation and determines the quality of a soil for safe food production. Microbial abundance, enzymatic activity and biodiversity are indicators of soil health/ quality. The objective of our study was to monitor microbial activity in different soil types and indications of mineral fertilizer use, tillage, pesticides, high heavy metal presence, disturbances occurring due to soil compaction, etc. Presence of coliform bacteria is an indicator of soil sanitary quality or a general indicator of sanitary conditions in the environment.

Key words: microorganisms, indicators, health, quality, soil