

## MIKROBIOLOŠKA AKTIVNOST – POKAZATELJ PLODNOSTI I DEGRADACIJE ZEMLJIŠTA

Mirjana Jarak<sup>1</sup>, Nada Milošević<sup>2</sup>, Vera Milić<sup>2</sup>, Nastasija Mrkovački<sup>2</sup>,  
Simonida Đurić<sup>1</sup>, Jelena Marinković<sup>2</sup>

### Izvod

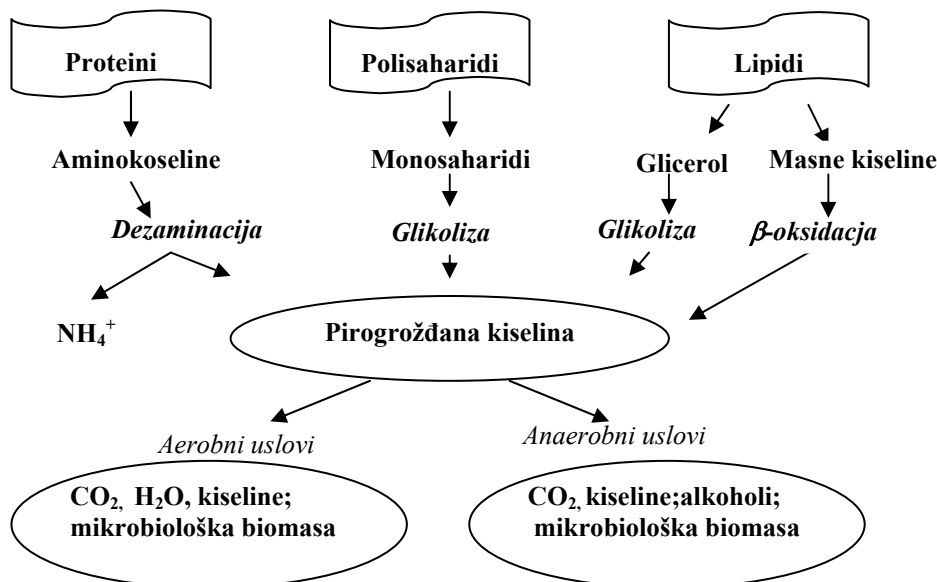
U zemljištu su u velikom broju zastupljene sve do sada poznate sistematske grupe mikroorganizama (bakterije, gljive, alge, protozoe, virusi). U jednom gramu zemljišta u proseku se nalazi oko milijardu bakterija, stotine hiljada gljiva, stotine algi i desetine protozoa. Biomasa mikroorganizama iznosi 0,5 do 5 tona po hektaru oraničnog sloja plodnog zemljišta a prema rezultatima Zavjaginec (1994), sveža biomasa mikrobiološkog porekla može da dostigne i do 20 tona po hektaru. Mikroorganizmi čine veoma funkcionalne mikrobiocenoze koje su prilagođene uslovima u zemljištu i zajedno sa florom i faunom daju zemljištu svojstva živog organizama.

### Uloga mikroorganizama u transformacijama organskih i neorganskih materija u zemljištu

S aspekta biljne proizvodnje najveći broj mikroorganizama u zemljištu je koristan. Ciklusi ugljenika, azota, fosfora, sumpora kao i drugih makro i mikroelemenata rezultat su metabolizma različitih vrsta mikroorganizama. Svojim enzimima mikroorganizmi – humifikatori razlažu žetvene ostatke iz kojih sintetišu novu organsku materiju (humus), dok drugi (dehumifikatori) vrše mineralizaciju humusa i tako utiču na hranjivi status zemljišta, ishranu i produktivnost biljke (Alexander, 1977), (slika 1).

<sup>1</sup> Mirjana Jarak, Simonida Đurić, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad

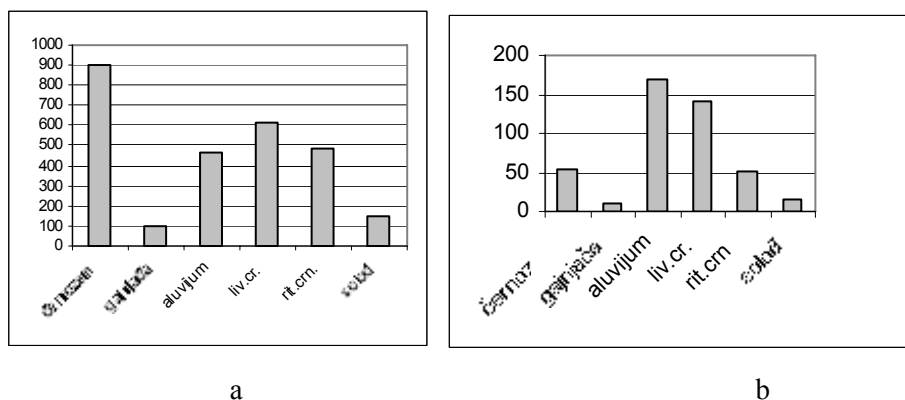
<sup>2</sup> Nada Milošević, Vera Milić, Nastasija Mrkovački, Jelena Marinković, Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad



Slika 1. Mikrobiološko razlaganje žetvenih ostataka

### Brojnost i aktivnost mikroorganizama u različitim tipovima zemljišta

Mikroorganizmi zemljišta imaju različite potrebe za izvorima i vrstama hranjivih materija, ekološkim uslovima (toplota, voda, reakcija sredine, kiseonik) i dr. Pošto se zemljišta razlikuju upravo po tim svojstvima, može se reći da u svakom tipu zemljišta dominiraju oni mikroorganizmi koji u njemu nalaze najoptimalnije uslove za svoj metabolizam. Uopšteno važi pravilo da u kiselim zemljištima dominiraju gljive, u neutralnim bakterije a u baznim alge i zrakaste bakterije (aktinomicete). Mikrobiološkim analizama različitih tipova zemljišta Vojvodine utvrđeno je da je ukupna brojnost bakterija, azotobaktera i dehidrogenazna aktivnost najveća u černozeu, a brojnost gljiva u aluvijalnom peskovitom zemljištu i livadskoj crnici (Govedarica i sar., 1993, slika 2). U predelima gde se biljna proizvodnja odvija na kiselim zemljištima (npr. područje Kraljeva), mikrobiološkim analizama je utvrđena velika brojnost gljiva, mala ukupna brojnost bakterija a azotobakter je konstatovan samo na parcelama gde je izvršena kalcifikacija.

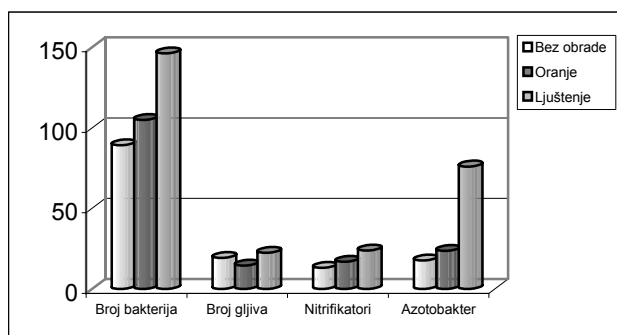


Slika 2. Ukupan broj bakterija ( $10^6/g$ ) (a) i gljiva ( $10^4/g$ ) (b) u različitim tipovima zemljišta

### Uticaj obrade na mikrobiološku aktivnost zemljišta

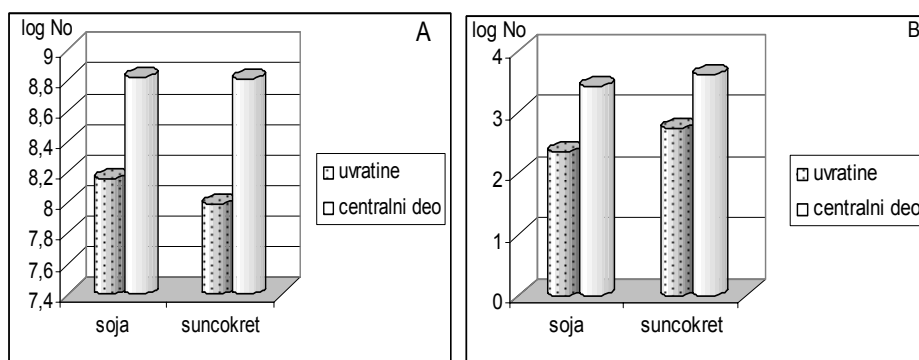
Pravilnom obradom u černozemu i njemu sličnim zemljištima postižu se mnogobrojni korisni efekti za život mikroorganizama. Aeracijom se povećava brojnost aerobnih mikroorganizama, zadržavanjem optimalne količine vlage omogućeno je usvajanje hranjivih materija i vode u ćeliju mikroorganizama, unošenjem žetvenih ostataka u dublje slojeve zemljišta mikroorganizmi dobijaju nove količine hranjivih materija, poboljšanjem strukture zemljišta povećava se aktivna površina za život mikroorganizama (Milošević i sar., 1997; Govedarica i Jarak, 1995). Sve ovo dovodi do povećanja mikrobiološke aktivnosti i plodnosti zemljišta (slika 3).

Za plića i manje plodna zemljišta preporučuje se setva bez obrade (No till). Brojnost mikroorganizama u ovakvom načinu proizvodnje zavisi od tipa i dubine proizvodnog sloja zemljišta. Doran (1980) navodi da u takvim zemljištima akumulacija azota sa 54.3 kg/ha raste na 109 kg/ha, udeo azotofiksacije kod leguminoza se povećava za 10-21%, brže se uspostavljaju mikorizne zajednice, hife gljiva su duže za dva do tri puta, veći je procenat biomase, a jedna od negativnih posledica je povećanje denitrifikacije.



Slika 3. Uticaj obrade na mikrobiološka svojstva černoze (Govedarica i Jarak, 1995)

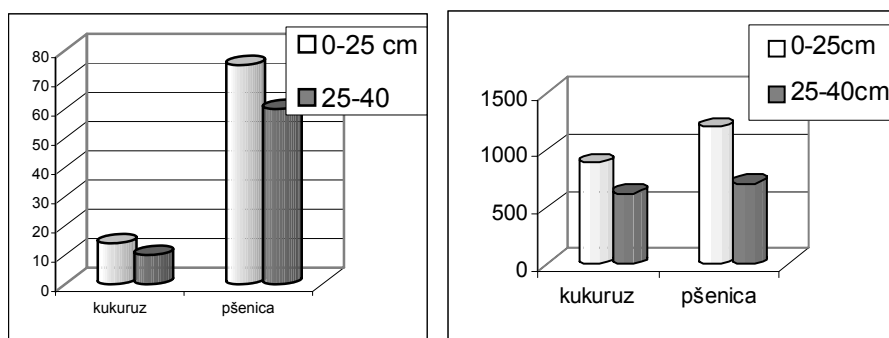
Neodgovarajućom obradom dolazi do narušavanja fizičkih svojstava zemljišta što se direktno odražava na mikrobiološku aktivnost. To se najbolje vidi na uvratinama gde pod dejstvom pritiska mobilnih mašina dolazi do velikog sabijanja zemljišta. Ovo se loše odražava na vodni i vazdušni režim kao i na mikrobiološka svojstva (Jarak i sar., 1999., slika 4). Kao rezultat smanjenja mikrobiološke aktivnosti utvrđeno je da se prinos poljoprivrednih kultura smanjuje za oko 20-50 % i kvalitet useva je lošiji (Nikolić i sar., 2003.).



Slika 5. Uticaj sabijanja zemljišta na ukupan broj mikroorganizama (A) i broj azotobaktera (B) u zemljištu pod sojom i suncokretom (Jarak i sar., 1999)

Uticaj biljke i plodoreda na mikrobiološku aktivnost zemljišta

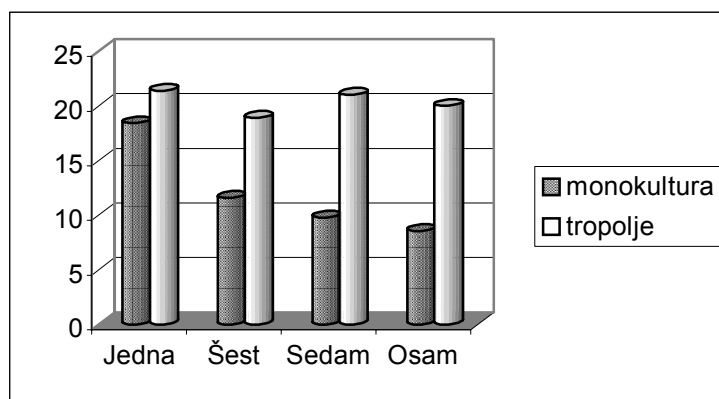
Imajući u vidu da mikroorganizmi i biljke čine nedeljivu zajednicu, utvrđena je specifičnost mikrobiološke populacije u rizosferi pojedinih biljnih vrsta. Koren biljke u rizosferno zemljište izdvaja različite supstance (eksudate) koje su veoma heterogene po hemijskom sastavu. Eksudati mogu da sadrže u vodi rastvorljive aminokiseline, šećere, hormone i vitamine. U zavisnosti od biljne vrste tu se takođe mogu naći polimeri ugljenih hidrata, enzimi, gasovi (CO<sub>2</sub>, etilen), lizati (nastaju autolizom ćelija korena), čvrste materije (potiču od ćelijskog zida), površinske ćelije korena, delići korena. U eksudatima korena može da se nađe više hiljada raznih jedinjenja. Sastav eksudata zavisi od biljne vrste, ishrane biljke, količine hranjiva, strukture zemljišta i dr. što objašnjava sastav mikroflore u rizosferi (slika 6).



Slika 6. Ukupan broj mikroorganizama (10<sup>6</sup>/g) (a) i aktivnost dehidrogenaze (µgTPF g<sup>-1</sup> zemljišta) (b) u rizosfernom zemljištu kukuruza i pšenice (Jarak i sar., 2004)

Odgovarajuće korištenje zemljišta zahteva sinhronizaciju između mikrobioloških procesa i usvajanja hranjivih materija od strane biljke uz minimalne gubitke i optimalne prinose. Istraživanjima Bollin (1977) utvrđeno je da je u poslednjih 100 godina 25-50% obradivog zemljišta osiromašilo sadržajem ugljenika za 2 do 6 kg po m<sup>2</sup>. Jedan od uzroka je smanjenje zemljišnog biodiverziteta u kome mikroorganizmi zauzimaju značajno mesto (Stewart, 1991). Način gajenja biljaka je jedan od faktora koji utiče na mikrobiološke procese. Dugogodišnjim gajenjem biljaka u monokulturi javljaju se negativni efekti koji se manifestuju i na biljku i na mikroorganizme. Mikroorganizmi imaju mogućnost da u metabolizam uključuju one organske i mineralne materije koje se nalaze u rizosferi iste biljne vrste, što dovodi do razvoja samo uže grupe specifičnih mikroorganizama i usporavanja procesa

humifikacije i dehumifikacije . Osim toga mnogi mikroorganizmi, među kojima su najaktivnije aktinomicete i gljive , u toku metabolizma u spoljnu sredinu izlučuju antibiotike i toksične materije koje štetno deluju na biljku i druge mikroorganizme (Pugashetti i sar., 1982).Pored saprofita u rizosferi biljaka gajenih u monokulturi razvijaju se i specifični fitopatogeni mikroorganizmi (Turco i sar., 1992). Kako bi mikrobiološki procesi bili što raznovrsniji, useve na istoj parceli treba smenjivati ( slika 7).



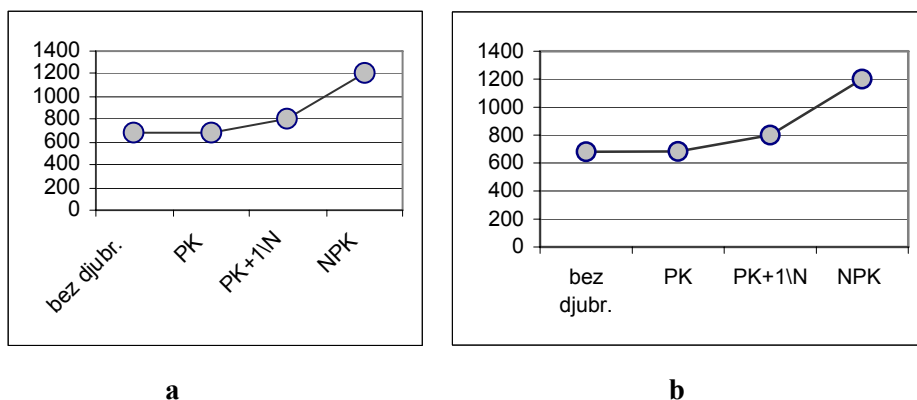
Slika 7. Brojnost bakterija ( $10^6 \text{ g}^{-1}$ ) u zemljištu pod kukuruzom gajenim u monokulturi i plodoredu u toku osam godina (Jarak i sar.,1999).

#### Uticaj đubrenja i pesticida na mikrobiološke procese u zemljištu

Đubriva i pesticidi imaju različit uticaj na mikrobiološke procese u zemljištu. Pošto većina mikroorganizama u zemljištu pripada heterotrofima, njihova aktivnost se značajno povećava unošenjem organskih đubriva . U slučaju da se organska đubriva potpuno izostave u toku dužeg vremenskog perioda, mikroorganizmi će izvršiti mineralizaciju postojeće organske materije u zemljištu , doći će do kvarenja fizičkih svojstava i u drastičnim slučajevima do potpune degradacije zemljišta ( Alexander, 1977).

Vrste i količine mineralnih đubriva koje zadovoljavaju potrebe gajene biljke, povoljno utiču i na brojnost i enzimatska aktivnost mikroorganizama (Govedarica i Jarak, 1995) (slika 8).

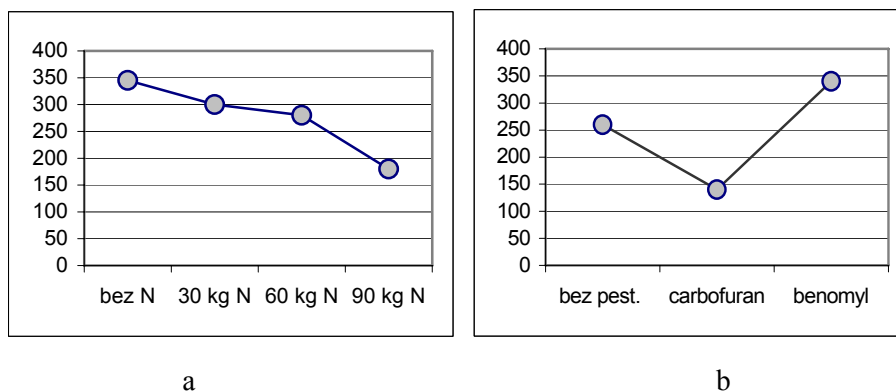
Mikrobiološka aktivnost – pokazatelj plodnosti i degradacije zemljišta



Slika 8. Uticaj optimalnih količina mineralnih đubriva na brojnost azotobaktera ( $10^2 g^{-1}$ , **a**) i aktivnost dehidrogenaze ( $\mu gTPF g^{-1}$  zemljišta, **b**) (Govedarica i Jarak, 1995)

Mineralna đubriva u kombinaciji sa stajnjakom i žetvenim ostacima još povoljnije utiču na ukupnu brojnost bakterija i aktivnost dehidrogenaze (Milošević i sar. 1993, Đorđević i sar., 1993).

Ukoliko se unesu prevelike količine, posebno azotnih mineralnih đubriva, smanjuje se mikrobiološka aktivnost zemljišta, naročito brojnost slobodnih azotofiksatora (Govedarica i sar., 1998, slika 9 a.)



Slika 9. Uticaj azotnih mineralnih đubriva (a) i pesticida (b) na broj azotobaktera u zemljištu pod kukuruzom ( $10^1/g$  zemljišta) (Govedarica i sar., 1998)

Mišljenja naučne javnosti o uticaju pesticida na mikrobiološke procese u zemljištu su oprečna. Pojedini istraživači ističu da pesticidi nisu toksični za

mikroorganizme i imaju samo neke sekundarne efekte. Ako se pravilno primenjuju oni su korisni jer omogućuju visoke prinose , a mikroorganizmi ih mogu koristiti kao hranjivi supstrat. S druge strane neki istraživači tvrde da pesticidi menjaju ekosistem i, ukoliko se unose u velikim količinama, mikroorganizmi nisu u stanju da ih u potpunosti razgrade. Mnogobrojni rezultati su potvrdili da uticaj pesticida na mikrobiološku aktivnost zemljišta zavisi od vrste i količine pesticida, vrste mikroorganizama ( slika 9 b), svojstava zemljišta, ekoloških uslova i sl.(Lynch, 1983, Milošević i Govedarica., 2000)

Pojedine grupe mikroorganizama su sposobne da transformišu pesticide koristeći ih kao izvore hranjivih materija i energije.Npr. *Pseudomonas putida* iz herbicida Delapon (2,2-dichloropropionic acid) koristi ugljenik , dok *Aspergillus fumigatus* koristi ugljenik iz Simazina (2-chlor-4,6-betilamino-s-triazin).Takođe neke grupe mikroorganizama koriste azot iz sulfonilurea herbicida ( Đurić i sar. 2005). Ako se uzmu u obzir svi faktori koji utiču na degradaciju pesticida , jasno je da je otežano donošenje jedinstvenog stava. Stoga u ovoj oblasti treba vršiti sveobuhvatna istraživanja kako se ne bi narušila osnovna funkcija i uspostavljena prirodna ravnoteža između mikrobioloških procesa u zemljištu.

### **Primena mikroorganizama s ciljem popravke plodnosti zemljišta**

Poznavanje uloge i sposobnosti mikroorganizama omogućava njihovu primenu u biljnoj proizvodnji. Unošenjem selekcionisanih efektivnih sojeva mikroorganizama , po potrebi se ubrzava mineralizacija organske materije (ehumifikatori), povećava sadržaj organske materije (alge i cianobakterije), poboljšava se usvajanje fosfora i mineralnih materija (mikorize, fosfomineralizatori), povećava se sadržaj azota u zemljištu (azotofiksatori), štiti se biljka od patogena (mikroorganizmi-antagonisti) i dr.

Najveću primenu mikroorganizmi imaju u proizvodnji mikrobioloških đubriva koja pospešuju azotofiksaciju . Primenom simbiotskih azotofiksatora, u proizvodnji leguminoza se skoro u potpunosti izbacuje primena azotnih mineralnih đubriva (Jarak, 2000, Milić i sar. 2004). Primenom slobodnih azotofiksatora u proizvodnji povrća i neleguminoznih ratarskih kultura količina azotnih mineralnih đubriva može se smanjiti na polovinu ili četvrtinu (Govedarica i sar., 2002, Milošević i sar.,1999, Mrkovački i sar., 2001). Osim što biljku obezbeđuju azotom, azotofiksatori utiču i na povećanje mikrobiološke aktivnosti, što dodatno poboljšava plodnost zemljišta .

Mikroorganizmi antagonisti direktno ili indirektno sprečavaju umnožavanje patogena s čime utiču na zdravstveno stanje biljke.U ovu grupu



mikroorganizama spadaju aktinomicete (sprečavaju razvoj *Rhizoctonia* i *Fusarium-a*), gljive kao što je *Trichoderma* (smanjuje gljivična obolenja), *Trichotecium roseum* (sprečava trulež korena pšenice i ječma), *Bacillus subtilis* (sprečava fuzarioze). Ovi mikroorganizmi nilaze na sve veću primenu jer se na taj način biološkim merama smanjuje upotreba pesticida.

U poslednje vreme veliki broj istraživanja odnosi se na izolaciju i determinaciju sojeva mikroorganizama koji su sposobni da efikasno razgrađuju herbicide (Tixier i sar., 2002). To je takođe opravdano, naročito sa ekološkog aspekta, jer bi se smanjilo zagađenje zemljišta i vode pa tako i hrane.

### Zaključak

Mikroorganizmi čine živu komponentu zemljišta. Zahvaljujući njihovim metaboličkim procesima u zemljištu se odvija kruženje materije, sinteza i mineralizacija humusa i ishrana biljaka. Radi toga se koriste kao jedan od pokazatalja plodnosti zemljišta.

Brojnost i aktivnost mikroorganizama zavisi od svojstava zemljišta, ekoloških faktora, agrotehničkih mera i biljke. Svako narušavanje optimalnih fizičkih, hemijskih i bioloških osobina zemljišta direktno se odražava na mikrobiološku aktivnost pa se mikroorganizmi mogu koristiti i kao pokazatelji degradacije zemljišta.

Mikroorganizmi se koriste u biljnoj proizvodnji u vidu mikrobioloških đubriva, biopesticida i za razlaganje pesticida iz čega proizilazi njihov značaj u povećanju plodnosti poljoprivrednih zemljišta ali i u popravci degradiranih zemljišta.

### Literatura

1. **Alexander, M.** (1977): Introduction to Soil Microbiology. Co. by John Willey and Sons. New York, London.
2. **Bollin, B.** (1977): Changes of land and biota and their importance for the carbon cycle. Science 196, 613-615.
3. **Đordjević S., Govedarica, M., Jarak M., Vesković, M., Jovanović, Z.** (1993): Influence of various fertilization regimes on the number of nitrogen fixators in soil under maize monoculture. Zemljište i biljka, V. 42, No 2, 105-113, Beograd.

4. **Đurić S., Jarak M.**(2005) :The effect of sulphonylurea herbicides on the microbial activity in soil under maize. 8<sup>th</sup> International symposium on interdisciplinary regional research (Hungary – Romania – Serbia and Montenegro), Proceedings, Section 2 - Ecology and Environmental Protection , EEP23 (CD), Szeged, Hungaria, 19.-21.april.
5. **Govedarica, M., Jarak M., Milošević N.** (1993): Mikrobiološke karakteristike zemljišta Vojvodine. Poglavlje u monografiji "Teški metali i pesticidi u zemljištu - Teški metali i pesticidi u zemljištima Vojvodine", 259-268. Poljoprivredni fakultet Novi Sad, Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad.
6. **Govedarica, M., Jarak M** (1995).: Mikrobiologija zemljišta.Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
7. **Govedarica M., Milošević N., Jarak M., Đurić S., Jeličić Z., Kuzevski J., Đorđević S.** (2002): Primena biofertilizatora, biostimulatora i biopesticida u poljoprivrednoj proizvodnji.Zbornik radova naučnog instituta za ratarstvo I povrtarstvo, sveska 37, 85-95.
8. **Jarak M., M.Govedarica, Milošević N.**(1999): Mikroorganizmi i plodored. Poglavlje u monografiji "Plodoredi u ratarstvu", 277-289. Ed. I. Molnar. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad.
9. **Jarak M., Govedarica, M., Milošević N., Molnar, I., Đurić S., Kurjački, I.** (1999): Mikrobiološka svojstva zemljišta u zavisnosti od načina obrade. Traktori i Pogonske mašine, V.4., No 4., 171-176, Novi Sad.
10. **Jarak M.**(2000): Primena inokulacije u proizvodnji lucerke.Poglavlje u monografiji "Lucerka".Ed.D.Lukic.Naucni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad..
11. **Jarak M., Đurić S., Najdenovska O.** (2004): Uticaj sabijanja zemljišta na mikrobiološku aktivnost pod različitim biljnim vrstama. Traktori i pogonske mašine., 9; 4, p.88-92.
12. **Lynch,J.M.**(1983):Microorganisms and Enzymes in the Soil Biotechnology.Microbial factors in crop productivity.Blackwell Scient. public. Oxford, London.
13. **Milić V., Jarak M., Mrkovački N., Milošević N., Govedarica M., Đurić S., Marinković J.** (2004): Primena mikrobioloških đubriva i ispitivanje biološke aktivnosti u cilju zaštite zemljišta (pregledni rad).Zbornik naučnih radova Naučnog instituta za ratarstvo i povrtarstvo,Novi Sad., sveska 40,153-171..

14. **Milošević N., Jarak M., Govedarica, M.** (1993): Activity of cellulolytic enzyme complex in rhizosphere of maize and non-rhizosphere soil. *Mikrobiologija*, V.30, No 1., 55-64.
15. **Milošević, N., Govedarica, M., Jarak, M.** (1999): Mikrobiološki preparativni značaj i mogućnosti njihove primene u ratarskoj proizvodnji. Zbornik radova Naučnog instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, pp.49-61.
16. **Milošević, N., Govedarica, M., Jarak, M.** (1997): Soil microbes: importance and possibilities. Proceedings of the 9.th Congress of the Yugoslav Society of Soil Science, pp.389-399. Novi Sad, Yugoslavia, 23-27.jun..
17. **Milošević Nada, Govedarica, M.** (2000): Effect of some herbicides on microbial properties of soil, Proceeding of 1<sup>st</sup> European Conference On Pesticides And Related Organic micropollutants in the environment, 61-63. Corfu, Greece
18. **Mrkovacki N., Milić V.** (2001): Use *Azotobacter chroococcum* as potentially useful in agricultural application. *Annales of Microbiology*, Vol.51, No2, 145-159.
19. **Nikolić R., Hadžić V., Savin L., Furman T., Nešić Ljiljana, Gligorić Radojka, Belić S., Tomić M.** (2003): Sabijanja zemljišta, uzroci, posledice, mere. Zbornik radova Naučnog instituta za ratarstvo i povrtarstvo (Novi Sad), sv.38, p. 37-48.
20. **Pugashetti B. K., Angle J. S., Wagner G. H.**, (1982): Soil microorganisms antagonistic toward *R. Japonicum*. *Soil Biol. Biochem.* 14, 45-49.
21. **Stewart, W.D.P.** (1991): The importance to sustainable agriculture and biodiversity among invertebrates and microorganisms. In the *Biodiversity of Microorganisms and Invertebrates: Its Role in Sustainable Agriculture*. Ed. Hawksworth, pp. 3-6, Redwood Press, Melksham.
22. **Turco, R.F., Bishoff, M., Breankwell, D.P., Griffith, D.R.** (1992): Contribution of soilborne bacteria to the rotation effect in corn. *Plant and Soil*, 122, 115-120
23. **Zavjagincev, D.G.** (1994): Biodiversity of microorganisms in different soil types., 15th World Congress of Soil Science, Acapulco, Mexico, 10. – 16. 07. V.4, p.156.

Primljeno: 16.12.2005

Odobreno: 26.12.2005.