

V OTVORENI DANI BIODIVERZITETA
Pančevo, 30. jun 2015. godine

Vladimir Filipović, Vladan Ugrenović

Organska proizvodnja i biodiverzitet

Zbornik referata

Pančevo, 2016.

Organska proizvodnja i biodiverzitet

Izdavač:

Institut za proučavanje lekovitog bilja "Dr Josif Pančić"
Tadeuša Koščuška 1, 11000 Beograd, Srbija
Institut "Tamiš" Pančevo, Istraživačko razvojni centar
Novoseljanski put 33, 26000 Pančevo, Srbija

Recenzenti:

dr Snežana Oljača, redovni profesor
dr Mirjana Vasić, naučni savetnik

Tehnička priprema:

Štamparija "ARTiJA"

Lektor:

Maja Ugrenović

Naslovna strana:

Stepski božur (*Paeonia tenuifolia* L.) u blizini EC „Čardak“ – SRP
Deliblatska peščara (foto: *Olđa*).

Štampa:

Štamparija "ARTiJA", Miloša Obrenovića 35a, 26000 Pančevo, Srbija

Tiraž:

300 primeraka

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

ОТВОРЕНИ дани биодиверзитета (5; 2015; Панчево) Organska proizvodnja i biodiverzitet: zbornik referata / V otvoreni dani biodiverziteta, Pančevo, 30. jun 2015. godine; [urednici Vladimir Filipović, Vladan Ugrenović]. - Pančevo; [Beograd] Institut za proučavanje lekovitog bilja "Dr Josif Pančić"; Institut "Tamiš", Istraživačko razvojni centar, 2016 (Pančevo: Artija). - str.: ilustr. ; 24 cm

Tiraž 300. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN

- a) Еколошка пољопривреда - Зборници
- b) Биолошки диверзитет - Заштита - Зборници

COBISS.SR-ID

BIODIVERZITET I ULOGA MIKROORGANIZAMA U ZEMLJIŠTU

*Jelena Marinković, Dragana Bjelić, Branislava Tintor, Jordana Ninkov
Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, Srbija*

Rezime: Raznovrsnost zemljišnih mikroorganizama od ključnog je značaja za očuvanje zdravlja i kvaliteta zemljišta. Širok spektar mikroorganizama odgovoran je za važne funkcije kako u neobradivim tako i u obradivim poljoprivrednim zemljištima. Zajednice zemljišnih mikroorganizama neizostavni su i najvažniji katalizatori biohemijskih procesa u zemljištu. Mikroorganizmi su ključna karika u procesu formiranja strukture zemljišta, u procesima razlaganja organske materije, kruženju ugljenika, azota, fosfora, i u uklanjanju toksina iz zemljišta. Diverzitet mikroorganizama u zemljištu određen je brojnim interakcijama između mikroorganizama i zemljišta, mikroorganizama i biljaka i složenim mirobiološkim interakcijama. Smanjena raznovrsnost, brojnost i aktivnost mikroorganizama indikacija je zagađenog ili degradiranog zemljišta i njegove niske plodnosti. Stoga je u cilju očuvanja i zaštite agroekoloških sistema i u sistemima održive poljoprivredne proizvodnje, pored agrohemijskih analiza, neophodno pratiti i dinamiku mikrobiološke aktivnosti u zemljištu.

Diverzitet i rasprostranjenost mikroorganizama u zemljištu

Poslednjih decenija, raste interesovanje o značaju raznovrsnosti mikroorganizama u zemljištu, o ulozi te raznovrsnosti u funkcionisanju zemljišta i u ravnoteži i stabilnosti ovog ekosistema.

Zemljište predstavlja izuzetno heterogeno okruženje za naseljavanje brojnih vrsta mikroorganizama. Različite komponente čvrstih frakcija zemljišta (pesak, mulj, glina, organske materije), pružaju mnoštvo potencijalnih mikrostaništa (*Garbeva et al.*, 2004). Mikroorganizmi čine od 0,1 do 3% celokupne organske materije zemljišta, a njihova biomasa u proseku je od 1 do 5 tona po hektaru. Diverzitet mikroorganizama u zemljištu je veliki, a jedan gram zemljišta može biti stanište za više od deset milijardi mikroorganizama i hiljade

različitih vrsta (*Schloss and Handelsman, 2006*). Međutim, celokupni diverzitet zemljišne mikroflore još uvek nije u potpunosti istražen i u velikoj meri je nepoznat (*Coleman, 2011; Simon and Daniel, 2011*). Mikrobiloške zajednice u zemljištu često je veoma teško okarakterisati, uglavnom zbog njihove ogromne fenotipske i genotipske različitosti i heterogenosti.

Najbrojnije sistematske grupe mikroorganizama u zemljištu su bakterije (10^8 - 10^9 g⁻¹ zemljišta), aktinomicete (10^7 - 10^8 g⁻¹ zemljišta), gljive (10^5 - 10^6 g⁻¹ zemljišta) i alge (10^4 - 10^5 g⁻¹ zemljišta) (*Chen et al., 2003*).

Brojnost bakterijskih populacija u površinskim slojevima zemljišta kreće se oko 10^9 ćelija po jednom gramu zemljišta (*Torsvik and Ovreas, 2002*), a većina ovih vrsta je uglavnom nekulturable. Kao i kod bakterija, manji broj vrsta gljiva koje žive u zemljištu, može se izolovati u laboratorijskim uslovima. Neke vrste saprofitnih gljiva iz klase *Basidiomycetes* i arbuskularne mikorizne gljive koje pripadaju redu *Glomales* teško je ili nemoguće izolovati iz zemljišta i uzgajati (*Smit et al., 1999*). Deo mikrobnih populacija koje je moguće kultivisati i proučavati, u svakom njihovom segmentu, često je veoma mali i čini najčešće manje od 5% ukupne populacije mikroorganizama u zemljištu (*Borneman and Triplett, 1997*). Direktno metode bazirane na DNK analizi pružaju mogućnost da se detaljnije proceni ukupna raznolikost mikrobnih populacija prisutnih u zemljištu. Ovim metodama moguće je zaobići ograničenja klasičnih kultivacijskih metoda i proceniti diverzitet mikroorganizama u zemljištu.

Kao najbrojnija i najraznovrsnija grupa mikroorganizama u zemljištu, bakterije su zatupljene sa velikim brojem rodova i vrsta (rodovi *Bacillus, Pseudomonas, Micrococcus, Rhizobium, Azotobacter, Beijerinckia, Derrxia*). U našim zemljištima, među aktinomicetama, najzastupljeniji su rodovi *Streptomyces, Nocardia, Frankia, Micromonospora, Microbispora*, a od gljiva rodovi *Penicillium, Aspergillus, Mucor, Trichoderma, Fusarium, Rhizopus*, kao i mikorizne gljive iz rodova *Lactarius, Glomus*.

Prisustvo različitih sistematskih i fizioloških grupa mikroorganizama, brojnost pojedinih rodova i vrsta i aktivnost mikrobioloških enzima pokazatelji su opšte mikrobiološke slike određenog zemljišnog ekosistema.

Struktura i funkcionisanje mikrobnih zajednica odraz su interakcije brojnih biotičkih i abiotičkih faktora u zemljištu (*Ollivier et al., 2011*). Efektivnost mikroorganizama ispoljava se samo kada u

životnoj sredini postoje odgovarajući optimalni uslovi za nesmetano odvijanje njihovih metaboličkih procesa (*Lombard et al.*, 2011; *Schmidt et al.*, 2011). Najpovoljniji uslovi za razvoj i enzimsku aktivnost mikroorganizama su zemljišta neutralne reakcije, dobre strukture, povoljnih vodno-vazdušnih svojstava i zemljišta sa sadržajem organske materije iznad 2%. U zemljištima neutralne pH reakcije najbrojnije su bakterije. Kiselijska zemljišta pružaju povoljnije uslove za razvoj gljiva i acidofilnih bakterija, a alkalna zemljišta omogućuju intenzivniji razvoj aktinomiceta i alkalofilnih bakterija. Zastupljenost i brojnost određenih grupa mikroorganizama zavisi prvenstveno od klimatskih uslova i tipa zemljišta. U našem klimatskom području, brojnost i aktivnost mikroorganizama je sezonskog karaktera i najviša je u proleće i ranu jesen, kada u zemljištu ima dovoljno vlage i kad je temperatura 20-30°C. Tokom leta, visoke temperature i nedostatak vlage, a tokom zime niske temperature, utiču na smanjenu brojnost i aktivnost mikroorganizama. U svakom klimatskom području i na svim tipovima zemljišta, najveća brojnost i aktivnost mikroorganizama je u površinskom sloju do oko 30-40 cm, gde ima dovoljno organske materije i kiseonika, a tu su zastupljene aerobne vrste mikroorganizama (*Jarak i Čolo*, 2007).

U rizosfernom zemljištu, u neposrednoj blizini korenovog sistema, brojnost i aktivnost mikroorganizama je veća nego u okolnom zemljištu što je posledica pozitivnog uticaja korenskih izlučevina biljaka. Koren biljaka oslobađa u okolno zemljište različite supstance, kao što su etilen, šećeri, aminokiseline, organske kiseline, vitamine, polisaharide i enzime. Ove materije stvaraju specifično i jedinstveno okruženje za život mikroorganizama koji nastanjuju rizosferno zemljište (*Wieland*, 2001). Mikroorganizmi različito reaguju na supstance koje izlučuje korenov sistem, a različit sastav korenskih izlučevina utiče na selekciju mikrobnih zajednica u rizosferi (*Grayston et al.*, 1998). Sa druge strane, rizosferni mikroorganizmi takođe deluju na biljke produkcijom različitih materija stimulatora rasta biljaka, kao što su auksini, giberelini, glikolipidi, citokinini. Vrste bakterija iz rodova *Pseudomonas*, *Agrobacterium*, *Bacillus*, *Phyllobacterium* i *Azospirillum* su među najefikasnijim producentima ovih materija (*Bertrand et al.*, 2001). Mikrobni diverzitet u rizosfernom zemljištu se često značajno razlikuje od mikrobnih zajednica u okolnom nerizosfernom zemljištu. Biljna vrsta je važan faktor koji formira strukturu mikrobnih zajednica na koje često utiče genotip biljke, veličina korenske zone i starost biljke (*Marschner et al.*, 2001).

Uloga mikroorganizama u zemljištu

Zemljište je veoma složen, kompleksan i dinamičan ekosistem u kome se odvijaju veliki broj fizičkih, hemijskih i bioloških procesa. Za odvijanje najvećeg dela bioloških procesa u zemljištu odgovorni su mikroorganizmi preko aktivnosti njihovih enzimatskih sistema (*Falkowski et al.*, 2008).

Mikroorganizmi čine najveći deo biološke faze zemljišta i aktivno učestvuju u procesima njegovog nastajanja, ali i u ostvarivanju plodnosti zemljišta. Zajednice zemljišnih mikroorganizama uključene su u mnogobrojne procese neophodne za neometano funkcionisanje ovog ekosistema, kao što su kruženje hranljivih elemenata i razlaganje organske materije (*Hueso et al.*, 2011; *Gougoulis et al.*, 2015). Osnovni biogeni elementi, u zemljištu se nalaze pretežno vezani u organskim i neorganskim jedinjenjima i u tom obliku nisu direktno dostupni biljkama. Mineralizacija organskih jedinjenja do neorganskih i mobilizacija teško rastvorljivih neorganskih jedinjenja odvija se zahvaljujući delovanju mikrobioloških enzima, a hranljivi elementi prevode se u oblike koje biljke mogu da usvajaju. Na taj način, mikroorganizmi obezbeđuju biljke asimilativima, a direktno su uključeni i u formiranje prinosa gajenih biljaka. Mikroorganizmi su uključeni u cikluse azota, ugljenika, fosfora, sumpora i drugih hranljivih elemenata.

Organska jedinjenja ugljenika dospevaju u zemljište najvećim delom sa biljnim ostacima. Heterotrofni mikroorganizmi koriste ugljenik biljnog, životinjskog i mikrobnog porekla, kao supstrat za svoj metabolizam (*Liang and Balsler*, 2011). Mikroorganizmi imaju ključnu ulogu u razlaganju ovih jedinjenja, kako monosaharida tako i složenih polisaharida (celuloze, hemiceluloze, skroba, lignina, pektina). Jednostavni molekuli kao što su šećeri, aminokiseline, organske kiseline i strukturno kompleksniji sekundarni metaboliti koji spadaju u korenske izlučevine, mogu se veoma brzo razgraditi (nekoliko sati do nekoliko dana) nakon njihovog izlučivanja u zemljište (*Muller et al.*, 1993; *Bais et al.*, 2006). Nasuprot tome, polimeri kao što su lignin, celuloza, hemiceluloza, tipični su konstituenti biljnih ćelija i zahtevaju prethodnu depolimerizaciju ekstracelularnim enzimima (*Koegel-Knabner*, 2002; *Wallenstein and Weintraub*, 2008). U razlaganju polisaharida najznačajniju ulogu imaju različiti rodovi gljiva i bakterija.

Velike rezerve fosfora akumulirane su u zemljištu u neorganskim i organskim oblicima. U zemljištima sa visokim sadržajem organske materije više od 50% fosfora je u organskom obliku (*Gyaneshwar et al.*, 2002). Međutim, mnoga zemljišta deficitarna su u oblicima fosfora koji su dostupni biljkama (*Oliveira et al.*, 2009). Nizak nivo fosfora posledica je visoke reaktivnosti rastvorljivog fosfora sa kalcijumom, gvožđem i aluminijumom. Mikroorganizmi fosfomineralizatori i fosfomobilizatori imaju nezamenjivu ulogu u transformacijama neorganskih i organskih jedinjenja fosfora u zemljištu (*Richardson*, 2001; *Goldstein et al.*, 2003). Većina transformacija uključuje mineralizaciju organskih fosfata do neorganskih i konverziju nerastvorljivih oblika tercijernih fosfata u primarne fosfate koje biljke lakše usvajaju. Fosfataze su enzimi prisutni u svim organizmima, ali samo bakterije, gljive i neke alge mogu da ih luče van svojih ćelija.

U zemljištu se čak oko 99% azota nalazi u organskom obliku, a biljke ovaj neophodni elemenat usvajaju u obliku NO_3 i NH_4 jona. Mikrobiološkim transformacijama, u procesu nitrifikacije, mikroorganizmi nitrifikatori (*Nitrosomonas*, *Nitrosospira*, *Nitrobacter*, *Nitrococcus*) i u procesu amonifikacije, mikroorganizmi amonifikatori (*Bacillus*, *Pseudomonas*, *Streptomyces*, *Actinomyces*, *Aspergillus*, *Penicillium*), prevode azot u oblike koje biljke mogu da koriste. Izuzetno velike količine atmosferskog azota bez mikroorganizama azotofiksatora bile bi skoro u potpunosti ne iskorišćene od strane biljaka. Ove neiscrpe rezerve azota vraćaju se u zemljište u procesu biološke azotifikacije koja može biti simbiozna, slobodna i asocijativna.

U azotofiksirajuće mikroorganizme ubrajaju se pripadnici 38 rodova bakterija, 20 rodova cijanobakterija i 87 vrsta iz roda arhebakterija (*Zahran*, 1999). Slobodni azotofiksatori redukuju atmosferski azot nezavisno od biljke, a najznačajni slobodni azotofiksatori su *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Derxia*, *Nostoc*, *Anabena*. Asocijativni azotofiksatori formiraju tanku sluzavu opnu na korenu ili listu obezbeđujući aktivni kontakt sa biljkom, ili prodiru u intercelularne prostore biljnih organa bez formiranja vidljivih tvorevina (*Azospirillum*, *Beijernckia*) (*Franche et al.*, 2009). Simbiozni azotofiksatori formiraju kvržice na korenu (ređe stablu) biljaka u kojima se vezuje azot iz atmosfere i prevodi u oblike dostupne biljkama. Bakterije iz rodova *Rhizobium*, *Bardyrhizobium*, *Sinorhizobium*, *Mesorhizobium*, *Allorhizobium*, *Azorhizobium* (rizobijumi) formiraju simbioznu zajednicu

isključivo sa biljkama iz familije *Fabaceae* (leguminoze), dok bakterije iz roda *Frankia* mogu formirati simbiozu sa biljkama iz osam različith familija.

Formiranje kvržica na korenu leguminoznih biljaka je visoko specifična interakcija koja se uspostavlja preko hemijske strukture signalnih molekula između određene vrste ili podvrste bakterija i određene vrste mahunarki. Na formiranoj korenskoj kvržici bakterije se nalaze u centralnom delu gde se, uz katalitičko delovanje bakterijskog enzima nitrogenaze, atmosferski azot redukuje u amonijak. Leguminoze formiraju dva morfološka tipa kvržica - determinisane i nedeterminisane. Nedeterminisane kvržice formiraju leguminoze umerenih klimatskih područja (lucerka, detelina, grašak), dok determinisane kvržice formiraju tropske i subtropske leguminoze (soja, pasulj). Nedeterminisane kvržice cilindričnog su oblika i odlikuju se stalnim rastom, dok su determinisane kvržice sferične, imaju ograničeni rast i životni vek od nekoliko nedelja.

Simbiozna azotofiksacija leguminoznih biljaka zauzima posebno mesto u biološkoj fiksaciji azota i od izuzetnog je značaja u poljoprivrednoj proizvodnji. Kako bi se smanjla primena mineralnog azota, ovaj prirodni proces iskorišćen je u proizvodnji mikrobioloških đubriva, čijom upotrebom se obezbeđuje „besplatna“ ishrana biljaka azotom iz vazduha. Zamena mineralnih azotnih đubriva mikrobiološkim ima veliku energetska i ekonomsku opravdanost, ali i značajnu ulogu u očuvanju ekološke ravnoteže u zemljištu. Inokulacija leguminoza efektivnim sojevima rizobiuma uobičajena je i široko rasprostranjena praksa koja se u poljoprivrednoj proizvodnji primenjuje više od 100 godina (*Giller and Mapfumo, 2006*).

Sadržaj humusa u zemljištu jedna je od najznačajnijih karakteristika plodnosti zemljišta. Proces stvaranja humusa je veoma složen i dugotrajan proces, a centralnu ulogu u sintezi humusa imaju upravo mikroorganizmi. Početna jedinjenja za sintezu humusa su ostaci uginulih biljaka, životinja i mikroorganizama. Delimične transformacije ovih jedinjenja vrše životinje koje žive u zemljištu, a za najveći i ključni deo transformacija (oko 70%) odgovorni su mikroorganizmi. Na prvom mestu to su bakterije i aktinomicete, zatim gljive i alge i manjim delom protozoe.

Prema rezultatima kontrole plodnosti koja se sprovodi duži niz godina, sadržaj humusa u 60% poljoprivrednih zemljišta u Vojvodini je oko 3%, a u čak 40% je ispod 3%. Međutim, zabrinjavajuća je činjenica to što se sadržaj humusa tokom godina konstantno smanjuje.

U cilju povećanja površina pod organskom proizvodnjom Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srbije i Institut za ratarstvo i povrtarstvo, realizovali su studijsko istraživački projekat „Potencijali Republike Srbije u pogledu kvaliteta zemljišta za organsku poljoprivrednu proizvodnju“. U okviru Projekta ispitivane su i mikrobiološke osobine zemljišta. Rezultati mikrobiloških ispitivanja pokazali su da je intenzivnija mikrobiološka aktivnost zabeležena u zemljištima u organskoj proizvodnji i u napuštenim zemljištima, a niža aktivnost prisutna je u zemljištima u konvencionalnoj proizvodnji i u zemljištima u periodu konverzije (*Vasin i sar.*, 2013).

Ove činjenice ukazuju na neophodnost primene agrotehničkih mera koje će omogućiti intenzivnu mikrobiološku aktivnost i stvaranje novih količina humusa. Prvenstveno, to je unošenje organske materije u zemljište, što se postiže zaoravanjem žetvenih ostataka, primenom stajnjaka i komposta i upotrebom mikrobiloških đubriva.

Literatura:

- Bais H.P., Weir T.L., Perry L.G., Gilroy S., Vivanco J.M.* (2006): The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms. *Annual Review of Plant Biology*, 57: 233–266.
- Bertrand H., Nalin R., Balli R., Cleyet-Marel J.C.* (2001): Isolation and identification of the most efficient plant growthpromoting bacteria associated with canola (*Brassica napus*). *Biology and Fertility of Soils*, 33: 152–56.
- Borneman J., Triplett E.W.* (1997): Molecular microbial diversity in soil from Eastern Amazonia: evidence for unusual microorganisms and microbial population shifts associated with deforestation. *Applied and Environmental Microbiology*, 63: 2647–53.
- Chen G., Zhu H., Zhang Y.* (2003): Soil microbial activities and carbon and nitrogen fixation. *Research in Microbiology*, 154: 393-398.
- Coleman D.C.* (2011): Understanding soil processes: one of the last frontiers in biological and ecological research. *Australasian Plant Pathology*, 40: 207–214.
- Falkowski P.G., Fenchel T., Delong E.F.* (2008): The microbial engines that drive Earth’s biogeochemical cycles. *Science*, 320: 1034–1039.

- Franche C., Lindström K., Elmerich C.* (2009): Nitrogen-fixing bacteria associated with leguminous and non-leguminous plants. *Plant and Soil*, 321(1-2): 35-59.
- Garbeva P., van Veen J.A., van Elsas J.D.* (2004): Microbial diversity in soil: Selection of microbial populations by plant and soil type and implications for disease suppressiveness. *Annual Review of Phytopathology*, 42: 243–70.
- Giller K.E., Mapfumo P.* (2006): Biological Nitrogen Fixation: Forms and Regulating Factors. U: Lal, R. (ed.) *Encyclopedia of Soil Science*, CRC Press, Taylor&Francis Group, 166-168.
- Goldstein A., Lester T., Brown J.* (2003): Research on the metabolic engineering of the direct oxidation pathway for extraction of phosphate from ore has generated preliminary evidence for PQQ biosynthesis in *Escherichia coli* as well as a possible role for the highly conserved region of quinoprotein dehydrogenases. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1647: 266–271.
- Gougoulias C., Clark J., Shaw L.* (2015): The role of soil microbes in the global carbon cycle: tracking the below-ground microbial processing of plant-derived carbon for manipulating carbon dynamics in agricultural systems. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(12): 2362-2371.
- Grayston S.J., Wang S., Campbell C.D., Edwards A.C.* (1998): Selective influence of plant species on microbial diversity in the rhizosphere. *Soil Biology and Biochemistry*, 30: 369–78.
- Gyaneshwar P., Naresh Kumar G., Parekh L.J., Poole P.S.* (2002): Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plants. *Plant and Soil*, 245: 83–93.
- Hueso S., Hernandez T., Garcia C.* (2011): Resistance and resilience of the soil microbial biomass to severe drought in semiarid soils: The importance of organic amendments. *Applied Soil Ecology*, 50: 27–36.
- Jarak M., Čolo J.* (2007): *Mikrobiologija zemljišta*. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Koegel-Knabner I.* (2002): The macromolecular organic composition of plant and microbial residues as inputs to soil organic matter. *Soil Biology and Biochemistry*, 34: 139–162.
- Liang C., Balsler T.C.* (2011): Microbial production of recalcitrant organic matter in global soils: implications for productivity and climate policy. *Nature Reviews Microbiology*, 9: 75.

- Lombard N., Prestat E., van Elsas J.D., Simonet P.* (2011): Soilspecific limitations for access and analysis of soil microbial communities by metagenomics. *FEMS Microbiology Ecology*, 78: 31–49.
- Marschner P., Yang C.H., Lieberei R., Crowley D.E.* (2001): Soil and plant specific effects on bacterial community composition in the rhizosphere. *Soil Biology and Biochemistry*, 33: 1437–45.
- Muller S., Vandermerwe A., Schildknecht H., Visser J.H.* (1993): An automated-system for large-scale recovery of germination stimulants and other root exudates *Weed Science*, 41: 138–143.
- Oliveira C.A., Alves V.M.C., Marriel I.E., Gomes E.A., Scotti M.R., Carneiro N.P., Guimaraes C.T., Schaffert R.E., Sa N.M.H.* (2009): Phosphate solubilizing microorganisms isolated from rhizosphere of maize cultivated in an oxisol of the Brazilian Cerrado Biome. *Soil Biology and Biochemistry*, 41(9): 1782–1787.
- Ollivier J., Towe S., Bannert A., Hai B., Kastl E.M., Meyer A., Su M.X., Kleineidam K., Schloter M.* (2011): Nitrogen turnover in soil and global change. *FEMS Microbiology Ecology*, 78: 3–16.
- Richardson A.E.* (2001): Prospects for using soil microorganisms to improve the acquisition of phosphorus by plants. *Australian Journal of Plant Physiology*, 28: 897–906.
- Schloss P.D., Handelsman J.* (2006): Toward a census of bacteria in soil. *PLoS Computational Biology*, 2: 786–793.
- Schmidt M.W.I., Torn M.S., Abiven S., Dittmar T., Guggenberger G., Janssens I.A.* (2011): Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. *Nature*, 478: 49–56.
- Simon C., Daniel R.* (2011): Metagenomic analyses: past and future trends. *Applied and Environmental Microbiology*, 77: 1153–1161.
- Smit E., Leeflang P., Glandorf B., van Elsas J.D., Wernars K.* (1999): Analysis of fungal diversity in the wheat rhizosphere by sequencing of cloned PCR-amplified genes encoding 18S rRNA and temperature gradient gel electrophoresis. *Applied and Environmental Microbiology*, 65: 2614–21.
- Torsvik V., Ovreas L.* (2002): Microbial diversity and function in soil: from genes to ecosystems. *Current Opinion in Microbiology*, 5: 240–45.

- Vasin J., Milić S., Zeremski T., Ninkov J., Marinković J., Sekulić P. (2013): Potencijali Republike Srbije u pogledu kvaliteta zemljišta za organsku poljoprivrednu proizvodnju. Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
- Wallenstein M.D., Weintraub M.N. (2008): Emerging tools for measuring and modeling the *in situ* activity of soil extracellular enzymes. *Soil Biology and Biochemistry*, 40: 2098–2106.
- Wieland G., Neumann R., Backhaus H. (2001): Variation of microbial communities in soil, rhizosphere and rhizoplane in response to crop species, soil type, and crop development. *Applied and Environmental Microbiology*, 67: 5849–54.
- Zahran H.H. (1999): *Rhizobium* - Legume Symbiosis and Nitrogen Fixation under Severe Conditions and in an Arid Climate. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 63(4): 968-989.