

**NOVO U FUNKCIONISANJU MIKROBNIH ZAJEDNICA ZEMLJIŠTA**

*Leka Mandić<sup>1</sup>, Aleksandar Semjonov<sup>2</sup>, Vesna Đurović<sup>1</sup>, Milica Zelenika<sup>1</sup>,  
Ivana Bošković<sup>3</sup>, Dragutin Đukić<sup>1</sup>*

**Izvod:** Ovaj rad predstavlja doprinos novom načinu sagledavanja kako unutrašnjih zakonitosti funkcionisanja zemljišta, tako i globalnih funkcija zemljišnog pokrivača koji je prisutan u različitim oblicima u bilo kojem biotopu kopna u kojem se održava fitocenoza. Osim toga, rad predstavlja doprinos sagledavanja funkcionisanja mikrobnih zajednica u zemljištu, posebno u pogledu korelacije između osnovnih faktora kao što su živa mikrobnna biomasa, pristupačni supstrat i disanje zemljišta, kao i pitanja mikrobne sukcesije, odnosno, naizmenične smene mikrobnih populacija u zemljištu. U radu se ukazuje i na to da su fiziološka aktivnost, ukupna brojnost mikroorganizama i sastav njihovih vrsta predmet samoregulacije, a ne mehanički odgovor na uslove sredine.

**Glavne reči:** mikroorganizmi, populacija, sukcesija, zemljište.

Nesumnjivo je da u hemijskim transformacijama u zemljištu glavnu ulogu imaju mikroorganizmi (Vinogradski, 1953; Mišustin, 1982; Zvijagincev, 1987; Đukić i sar., 2007). Da bi se shvatilo funkcionisanje zemljišta kao sistema, važno je izvršiti kako kvalitativnu ocenu zemljišne mikrobne zajednice, tj. raznolikost i sastav vrsta, tako i njenu kvantitativnu ocenu. Neophodno je poznavati količine živih mikroorganizama u različitim tipovima zemljišta i u njihovim različitim horizontima (Poljanskaja, 1996; Jemcev i Đukić, 2000; Đukić i sar., 2007). Količina zaliha mikrobne biomase u zemljištima odavno je interesovala zemljišne mikrobiologe i pedologe. Zahvaljujući primeni novijih i savremenijih metoda predstave o mikrobnoj biomasi veoma su se menjale. Veliki napredak je postignut zahvaljujući primeni direktnih luminiscentno-mikroskopskih metoda (Babiuk i Paul, 1970; Anderson i Westmoreland, 1971; Knjazeva i sar, 1985; Poljanskaja, 1988; Zvjagincev, 1991; Beyond the biomass, 1994). Postepeno se formiralo uverenje o veoma značajnim zalihama biomase u zemljištu (Koževin i sar., 1979; Kjoller i Struwe, 1982; Mirčink i Panikov, 1995; Poljanskaja i dr., 1995a,b; Polyanskaya i Zvyagintsev, 1995; Đorđević S., 1998; Đukić i sar., 2007; Đukić i sar., 2010).

Kvalitativni sastav mikrobne biomase različitih tipova zemljišta svake godine prolazi kroz sukcesioni ciklus. U toku mikrobne sukcesije u zemljištu dolazi do naizmenične smene dominirajućih populacija, pri čemu ne dolazi ni do eliminisanja, ni do pojave novih vrsta. Sukcesija se inicira, uglavnom, samim prisustvom sirovinskih resursa, a njen tok je određen (apstrahujući spoljašnje uticaje) karakterom interakcije između mikroorganizama u toku upotrebe kako primarnih, tako sekundarnih i drugih

<sup>1</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, Cara Dušana 34, Čačak, Srbija (lekamg@kg.ac.rs);

<sup>2</sup>MGU Lomonosov, Moskva, Rusija

<sup>3</sup>Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Poljoprivredni fakultet, Vuka Karadžića 30, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina

supstrata. Zbog uslova sredine koji se stalno menjaju, mikrobne populacije u zemljištu nemaju ekološku nišu stalne veličine, ali imaju određenu “mikronišu” – minimalne resurse koji su neophodni za preživljavanje i “makronišu”- mogućnost da bitno povećaju svoju brojnost na određenoj etapi sukcesije koja je za njih povoljna (Poljanskaja, 1996; Jemcev i Đukić, 2000; Đukić i sar., 2007).

Postojeći podaci o životu mikrobnih zajednica zemljišta omogućavaju nam da se na nov način osvrnemo kako na unutrašnje zakonitosti funkcionisanja zemljišta, tako i na globalnu funkciju zemljišnog pokrivača, koji je prisutan u različitim oblicima u bilo kojem biotopu kopna, u kojem se održava fitocenozoza. Posebnu pažnju privlači potpuna dominacija mikromiceta u odnosu na prokariotske mikroorganizme. Ova okolnost se može objasniti na različite načine. Sa određenim rizikom, predlažemo hipotezu da je micelarni karakter rasta gljiva njihova osnovna prednost, što u uslovima veoma izražene heterogenosti zemljišta i neravnomernog rasporeda resursa u njemu omogućava gljivama da osvajaju različite i prostorno izolovane supstrate. Osim toga, gljive su sposobne da formiraju moćne mikrokolonije na bazi kojih se, verovatno, stvaraju osnovne i u mnogo čemu, još uvek, zagonetne asocijacije – mikrobne zajednice, koje u funkcionalnom pogledu delimično podsećaju na lišajeve, ali su znatno složenije i bogatije vrstama. Zbog svoje ogromne fiziološke raznolikosti, prokariotski mikroorganizmi u tim zajednicama imaju neprocenjivu ulogu. Ovakve zajednice moraju biti u velikoj meri samostalne: upravo njihova fiziološka polifunkcionalnost omogućava visoki stepen iskorišćavanja supstrata (kako proizvoda fotosinteze, tako i mikrobne biomase koja izumire u toku sukcesije). Za takve zajednice ne postoji problem otpada metabolizma, jer svaki hemijski agens je supstrat za jednog od članova zajednice (Zavarzin, 1984; Jemcev i Đukić, 2000; Đukić i sar., 2012).

Ta specifičnost funkcionisanja zajednica zemljinih mikroorganizama verovatno je u vezi sa principijelnom nepotpunošću opisa vrsta, sa kojom se svakodnevno susrećemo (a podjednako i neadekvatnost ocene ukupne brojnosti mikroorganizama metodom zasejavanja) – Poljanskaja i dr. (2000). Značajan deo mikroorganizama u zemljištu može biti predstavljen fiziološki nesamostalnim populacijama-simbiontima, za koje je izvan “konteksta” zajednice teško odabrati uslove kultivisanja.

U zajednicama se na određeni način inhibira fiziološka aktivnost praktično svih članova, što ne može biti adekvatno opisano u kategorijama intergenusne konkurencije. Ta inhibicija je u celina korisna za zajednicu. Pri smanjenoj fiziološkoj aktivnosti može se održavati maksimalna biomasa, ali i potpunije i ravnomernije usvajati dolazeći supstrati. Pri tome se sukcesija takođe odvija na nivou svake zajednice, jer ona odgovara izmenama odnosa brojnosti pojedinih članova na mogući uticaj spoljašnje sredine, a takođe i na izmene sopstvenog stanja.

Hipoteza o postojanju sličnih zajednica navodi nas da se skeptički osvrnemo na mogućnost direktne primene podataka o fiziologiji i kinetici rasta mikroorganizama, dobijanih na čistim kulturama, neposredno na situaciju u zemljištu. Nesumnjivo je da svaki član mikrobne zajednice u zemljištu živi po “pravilima” unutrašnjeg rasporeda zajednice. I pored značajne razlike u sastavu vrsta mikroorganizama, razlika u ukupnoj brojnosti mikroorganizama između zemljišta nije toliko velika, kako bi se moglo očekivati, imajući u vidu sadržaj organske materije u zemljištu. To se objašnjava time što zapravo organska materija zemljišta nije najznačajniji izvor hrane za mikroorganizme. Korenje i drugi biljni materijali su, nesumnjivo, važan energetska

resurs mikrobnog kompleksa zemljišta. Pristupačnost humusnih materija za mikroorganizme nije tako izražena. Relativna stabilnost sadržaja humusa u zemljištu svedoči o odsustvu njegove značajne mineralizacije od strane mikroorganizama. U tom slučaju ne treba da nas čudi odsustvo direktne korelacije između sadržaja humusa i brojnosti mikroorganizama u zemljištu.

Komparacija amplitude međusezonskih fluktuacija zemljišnih mikroorganizama (Golovčenko i Poljanksaja, 1996, 2000; Van Bruggen i Semenov, 2000; Семёнов, 2001; Semenov i Đukić, 2017) sa postojećim podacima o produkciji fotosinteze po odgovarajućim prirodnim zonama pokazuje da i biljni opad ne može da pretenduje na ulogu osnovnog supstrata, koji obezbeđuje odvijanje mikrobne sukcesije u zemljištu. Zaista, rezerve mikrobne biomase bitno nadmašuju godišnju produkciju fotosinteze, pa se smena dominirajućih populacija u toku sukcesije odvija na račun naizmenične upotrebe biomase izumirućih populacija mikroorganizama. U vezi sa utvrđenim ogromnim rezervama žive mikrobne supstance, koja svake godine izumire (desetine tona po hektaru), postavlja se pitanje o sudbini te organske materije u proleće. Popunjava li ona zalihe upravo organske materije zemljišta (humusa)? Inspira li se ta organska materija? Pa, ipak, mora se reći da ne postoje podaci o zagađenju podzemnih voda u adekvatnim razmerama. Čini nam se da se najprirodnije objašnjenje sastoji u tome da se odumiruća biomasa transformiše od strane mikroorganizama u toku uspostavljanja mikrobne sukcesije u proleće. Prvostepeni značaj ima pitanje efikasnosti iskorišćavanja supstrata. Već davno je iznesena pretpostavka (Aristovskaja, 1980) da u izbalansiranoj mikrobnj zajednici ekonomski koeficijent bitno nadmašuje vrednosti koje se mogu zapaziti za čiste kulture. Ovde se zapaža idealni slučaj podudaranja sastava supstrata sa trofičkim zahtevima mikrobnog sistema u celine. Što se tiče predatora, koji su se specijalizovali za zemljišne mikroorganizme, ovde se njihova uloga može prenebreći, jer, na kraju krajeva, ni oni sami, kao ni proizvodi njihove životne aktivnosti, ne izlaze iz okvira osnovnih ciklusa reutilizacije biomase.

Takvo rasuđivanje o zajednicama zemljišnih mikroorganizama omogućava da se na nov način osvrnemo na odsustvo korelacije između osnovnih faktora kao što su živa mikrobna biomasa, prisustvo u sredini pristupačnog supstrata i disanje zemljišta. Kao što je fiziološka aktivnost, tako je i ukupna brojnost mikroorganizama i sastav njihovih vrsta predmet samoregulacije, a ne mehanički odgovor na uslove sredine. Možda je to visoka sposobnost samoregulacije u kombinaciji sa maksimalnom biomasom i maksimalnom raznolikošću vrsta i postoji osnova te zapanjujuće stabilnosti zemljišta u odnosu na spoljašnje uticaje, koja se zapaža svuda i koja potiskuje pedologiju na začelje. “Velike ekologije” se sete kada je ona ugrožena, tj. na samom kraju.

Smisao zemljišne sukcesije je održavanje homeostaze. Ona se ne menja i pored svih raznolikosti godišnjih sukcesija, što se, takođe, objašnjava maksimalnom biomasom i maksimalnom raznolikošću vrsta mikrobnih zajednica (Poljanskij, 1998; Golovčenko i Poljanskaja, 2000; Đukić i sar., 2007).

Treba istaći da sukcesione procese ne iniciraju samo spoljašnji poremećaji. Višekratna ispitivanja uzoraka zemljišta, koji su inkubirani pri stalnoj temperaturi i vlažnosti, kako sa unošenjem dopunskog supstrata, tako i bez njegovog unošenja, pokazala su da se sukcesija odvija u svakom slučaju, jer su njene glavne pokretačke snage zaoštreni odnosi u zajednici, koji se razrešavaju smenom dominirajućih populacija.

Veoma je bitno da pri realnoj prostornoj heterogenosti zemljišta, sa neravnomernom rasprostranjenošću supstrata i mikrobne biomase u njemu, prostorne razlike ne prekrivaju vremenske i, na taj način, ne ometaju praćenje sukcesija zemljišnih mikroorganizama.

Što se tiče biosfernih funkcija zemljišta, to se, kao što je već istaknuto (Poljanskaja i dr., 1997), zemljište pojavljuje kao biološki filter, koji posreduje interakcije između litosfere i fito-agrocenoze. Litosfera sadrži neograničene rezerve biogenih elemenata, koji doppevaju u zemljište sa podzemnim vodama ili preko razgranate micelarne mreže. Mikroorganizmi prevode biogene elemente u visokomolekulske oblike koji se manje ispiraju i samim tim učestvuju u održavanju plodnosti zemljišta.

### **Zaključak**

Ovim radom se na nov način sagledavaju unutrašnje zakonitosti funkcionisanja zemljišta i globalne funkcije fitocenoze. Prati se funkcionisanje mikrobnih zajednica u zemljištu u pogledu korelacije između žive mikrobne biomase, supstrata i disanja zemljišta, kao i mikrobna sukcesija (naizmjenična smena mikrobnih populacija u zemljištu), čiji je smisao održavanje homeostaze. Posebno se ukazuje na to da su fiziološka aktivnost, ukupna brojnost i sastav vrsta mikroorganizama predmet samoregulacije, a ne samo odgovor na uslove sredine.

### **Napomena**

Istraživanja u ovom radu deo su projekta “Poboljšanje genetičkog potencijala i tehnologija proizvodnje krmnog bilja u funkciji održivog stočarstva” – TR 31057 koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

### **Literatura**

- Anderson J.P, Westmoreland D. (1971). Direct counts of soil organisms using a fluorescent brightener and europium chelate. *Soil Biol, Biochem.*, V.3. p. 85-87.
- Aristovskaja T.V. (1980). *Microbiologija processov počvoobrazovanja L.*: Nauka. 187s.
- Babiuk L.A. Paul E.A. (1970). The use of fluorescein isothiocyanate in the determination of the bacterial biomass of grassland soil. *Can. J. Microbiol.* Vol. 16, p.57-62.
- Beyond the biomass. Compositional and Functional analysis of soil microbial communities. Ed. Ritz., Dighton Y. Giller K.E, UK: Johan Wiley et Sons, 1994, p.275.
- Golovčenko A.V., Poljanskaja L.M. (1996). Sezonnaja dinamika čislenosti i biomassi mikroorganizmov po profilju počvi. *Počvovedenie*, No. 10., s.1227-1233.
- Glovčenko A.V., Polijanskaja L.M. (2000). Osobennosti godovih sukcesij mikroorganizmov v počvah Južnoj tajgi (na primere CLBGZ). *Počvovedenie*, No.4, s.471-477.

- Dorđević S. (1998). Aktivnost fofomonosteraza u zemljištu pod usevom kukuruza. Dokt.disert. Poljoprivredni fakultet u Novom Sadu, str.52-53.
- Ђукић Д., Јемцев В.Т., Кузманова Ј. (2007). Биотехнологија земљишта. Будућност, Нови Сад, 529 стр. . ИСБН 978-86-7780-113-7.
- Ђукић Д., Ђорђевић С., Мандић Ј., Трифуновић Б. (2012). Микробиолошка трансформација органских супстрата, цела монографија, Агрономски факултет у Чачку, 232 стр. Одлука Наставно научног већа Агрономског факултета бр. 3103/11-IX од 20. 12. 2011. год., ISBN 978-86-87611-22-1, COBISS.SR-ID 188902924.
- Ђукић Д., Јемцев В.Т., Ђорђевић С., Трифуновић Б., Мандић Ј., Пешаковић М. (2013). Биоремедијација земљишта, Штампарија "Будућност" ДОО, Нови Сад, 207 стр. ИСБН 978-86-7780-113-7.
- Ђукић Д., Мандић Ј., Пешаковић Маријана (2007). Техногени утицаји на заједнице земљишних микроорганизама. Унапређење пољопривредне производње на Косову и Метохији (поглавље у монографији). Пољопривредни факултет Приштина-Лешак, стр. 8-70. ISBN 978-86-80737-13-3, COBISS.SR-ID 144875276.
- Ђукић Д., Мандић Ј., Станојковић А. (2010). Практикум из микробиологије, Издавач Будућност А.Д. за графичку делатност, Нови Сад, 427. стр. Одлука Наставно-научног већа Агрономског факултета бр. 966/9-VI од 24. 05. 2010. год., ИСБН 978-86-7780-084-0; COBISS.SR-ID 256185607.(Određivanje mikrobne biomase (CO<sub>2</sub>-C) zemljišta, 175-177s.
- Јемцев, В.Т., Ђукић, А. Д.: Микробиологија. Војноиздавачки завод – Београд, 2000, стр. 61. ISBN 86-335-0071-X.
- Kjoller A., Struwe S. (1982). Microfungi in ecosystems: fungal occurrence and activity in litter and soil. Oikos V.39. p. 389-422.
- Књазева I.N., Poljanskaja L.M., Koževin P.A., Zvjagincev D.G. (1985). Učjot počvennih mikroorganizmov s pomoščju mikroskopii pri nizkoj čislennosti objektov. Vestnik MGU, Ser. Počvovedenie, No.2. s.62-70.
- Koževin P.A., Poljanskaja L.M., Zvjagincev D.G. (1979). Dinamika razvitija različnih mikroorganizmov v počve. Microbiologija, T.48, No.4. s. 490-494.
- Mirčink T.G, Panikov N.S. (1985). Sovremennie podhodi k ocenke biomassi i produktivnosti gribov i bakterij v počve. Uspеhi mikrobiologii, M.: Nauka, T.20. S.198-226.
- Мишустин Е.Н. (1982). Развитие учения о ценозах почвенных микроорганизмов. Успехи микробиологии, Вып. 17, М.: Наука, 1982.
- Poljanskaja L.M. (1988). Prjamoj mikroskopičeskij podsčjot spor i micelija gribov v počve. Tez. konf. “izučenie gribov v biogeocеноzah” Sverdlovsk, c.30.
- Poljanskaja L.M. (1996). Mikrobnaja sukcesija v počve: Avtoref. dis. dok. biol. nauk. M.: MGU, 96s.
- Poljanskaja L.M., Gejdebreht V.V., Zvjagincev D.G. (1995). Biomassa gribov v različnih tipah počv. Počvovedenie, No.5, s.566-572.
- Poljanskaja L.M., Gejdebreht V.V., Stepanov A.V., Zvjagincev D.G. (1995). Raspredelenie čislennosti i biomassi mikroorganizmov po profiljam zonalnih tipov počv. Počvovedenie, No 3, s.322-328.

- Poljanskaja L.M., Golovčenko A.V., Zvjagincev D.G. (1995). Mikrobnaja biomassa v počvah. Dokladi RAN, T.344, No.6, s. 846-848.
- Poljanskaja L.M., Lukin S.M., Zvjagincev D.G. (1997). Izmennenie sostava mikrobnaj biomassi v počve pri okuljtiviranii. Počvovedenie, No.2, s. 206-212.
- Poljanskaja L.M., Orazova M.H., Burkanova O.A., Zvjagincev D.G. (2000). Mikronaveski rizosfernoj počvi i laboratornie artefakti. Mikrobiologija, T.69. s. 581-585.
- Poljanskij M.R. (1998). Vosproizvodstvennie cikli v počve v svete tradicionnoj koncepcii cikličeskogo vremeni. Sociokulturnaja dinamika v period stanovlenija postindustrijalnogo obščestva: zakonomernosti, protivorečija, prioriteti. Materijali k III Meždunarodnoj Kondratjevskoj konferencii, Moskva, s. 447-450.
- Polynskaya L.M., Zvyagintsev D.G. (1995). Microbial succession in soil. Soviet scientist reviews. Harwood Academic Publ. Gmbh, No.1, p.1-65.
- Semenov A.M., Dragutin A.Đ. (2017): Soil health - ecosystem health: from problem identification to diagnosis and treatment. Acta Agriculturae Serbica. Vol XXII, 43(2017); 103-118.
- Семёнов А.М. (2001). Осциляции микробных сообществ в почвах. Перспективы развития биологии. Москва. Макс-пресс, 2001, 57-72.
- Van Bruggen Anc., Semenov A.M. (2000). In search of Biological indicators for Soil Health and Disease suppression. Applied Soil Ecology, 2000. V.15, No.1, p.13-24.
- Semenov A.M., Đukić D.A.
- Виноградский С.Н. (1952). Микробиология почвы. М.: Изд-во, АНСССР, с. 792.
- Звягинцев Д.Г.(1987). Почва и микроорганизмы.: ИзД-во МГУ, 256 с

## NEW IN FUNCTIONAL OF SOIL MIKROBIAL COMMUNITIES

*Leka Mandić<sup>1</sup>, Aleksandar Semjonov<sup>2</sup>, Vesna Đurović<sup>1</sup>, Milica Zelenika<sup>1</sup>, Ivana Bošković<sup>3</sup>, Dragutin Đukić<sup>1</sup>*

### Abstract

This paper presents a contribution to the new way of examining in the internal laws of soil functioning and also the global functions of soil cover that is present in various forms in any biotope of soil in which phytocenosis is maintained. In addition, this paper presents a contribution to the observation of the functioning of microbial communities in soil, especially in terms of the correlation between basic factors such as living microbial biomass, accessible substrate and respiration of soil, as well as the issues of microbial succession, that is, the alternation of microbial populations in soil. The paper also points out that the physiological activity, the total number of microorganisms and the composition of their species are subject to self-regulation, rather than mechanical response to environmental.

**Key words:** microorganisms, population, succession, soil.