

Biogenost tla i biljna proizvodnja

Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović

Mikrobne zajednice tla ključni su element funkcioniranja ekosustava i vitalne su za život na našoj planeti jer u biosferi reguliraju kruženje ugljika i drugih hranjivih tvari neophodnih za rast biljaka. [U tlu se nalazi najrazličitija i najsloženija mikrobna zajednica u bilo kojem poznatom okruženju](#). Stoga je tlo globalno važan rezervoar bioraznolikosti koji sadrži između četvrtine i trećine svih živih organizama na Zemlji. Jedna šačica biogenog tla (biološki živog) može sadržavati preko 50 km hifa gljiva, više od 100 milijuna bakterija i 100 tisuća protozoa. Raznolikost *mikrobiote* (ekološka zajednica [komezalnih](#), [simbiotičkih](#) i *patogenih mikroorganizama*) u tlu donosi ogroman funkcionalni potencijal i bogat je izvor genetskih i farmaceutskih resursa (mnogi antibiotici suvremene medicine izvedeni su iz *mikrobiote* tla). Također, mikroorganizmi u tlu rijetko djeluju samostalno već su pojedine populacije integrirane unutar složenih, specifičnih zajednica koje označavamo kao *mikrobiom tla*.

[Mikroorganizmi su glavni pokretači ciklusa hranjivih tvari u tlima u tlu i stoga kritično važni za poljoprivredu, proizvodnju hrane i regulaciju klime](#). Oni imaju važnu i aktivnu ulogu u plodnosti tla jer reguliraju i provode transformaciju hranjivih tvari (npr., fiksiranje molekularnog dušika iz zraka), ali i sintetiziraju kompleksne tvari koje utječu na rast i razvitak bilja. [Naime, mikrobi u tlu i na korijenu osiguravaju biljkama esencijalne hranjive tvari, vitamine i regulatore rasta, pokazuju jak antagonizam prema biljnim patogenima i tako stimuliraju obranu biljaka od štetočina i bolesti](#).

Unatoč veoma važne funkcije mikrobioloških zajednica u tlu, još uvijek se malo zna o njima, ali se to unazad nekoliko godina primjenom novih tehnologija izučavanja počinje mijenjati. Naime, suvremena znanost smatra da će [bolje razumijevanje funkcioniranja mikrobioloških zajednica omogućiti korištenje prirodne sposobnosti mikroorganizama da u tlu osiguraju više hranjivih tvari za biljke uz njihovu veću efikasnost i istovremeno smanjivanje njihovog gubitka, osobito izvan vegetacijskog perioda, ili kad biljke imaju manje zahtjeve, te tako spriječiti štetu za okoliš](#). Važno je naglasiti kako iz mikrobni procesa potječu [staklenički plinovi](#) te je razumijevanje njihove funkcije ključno za smanjenje emisija plinova koje doprinose klimatskim promjenama.

[Iako se već dugo vremena zna da korijen biljaka izvrsno surađuje s različitim mikroorganizmima, potrebno je bolje upoznati sastav i funkcioniranje takvih zajednica](#). Stoga suvremena istraživanja mikrobioma tla uključuju [DNK sekvenciranje](#) te je sad sve jasnije kakva je zapanjujuća taksonomska raznolikost bakterija koje nastanjuju *rizosferu*, kao i sam korijen različitih biljaka. Ipak, u tom prividnom kaosu [gotovo uvijek se nalaze članovi odjeljka Actinobacteria, Bacteroidetes i Proteobacteria](#), a mnoga su istraživanja pokazala da stanične stijenke sadrže dodatne dominantne članove *mikrobiote*. Također, osim bakterijskih skupina, biljke žive u zajednici, ili bliskom odnosu, s gljivičnim i [eukariotskim](#) mikrobima, bilo da se nalaze u neposrednoj blizini korijena, ili u različitim tkivima biljaka, npr. lišću.

Suvremena istraživanja sve više stavljaju u fokus funkcionalne posljedice bakterijskih, gljivičnih i eukariotskih simbionta, odnosno njihove interakcije s biljkama. Identificirana su barem tri različita mikrobioma: 1) u *rizosferi*, 2) na površini korijena (tzv. *rizoplan*) i 3) unutar korijena (tzv. *endosfera*). Čini se da naseljavanje pojedinih grupa mikroorganizama određuje tzv. proces *rizodepozicije*, odnosno oslobađanja pojedinih organskih spojeva iz korijena u *rizosferu*. [Količina i sastav tih organskih naslaga variraju ovisno o biljnim vrstama i razvojnom stadiju](#), ali mogu iznositi i do 11 % neto fotosintetski fiksiranih ugljika i 10 - 16 % ukupnog biljnog dušika, te je jasno da proces *rizodepozicije* značajno utječe na kemijski i fizički sastav *rizosfere* i osigurava organski supstrat, kao i signalne molekule potrebne za rast mikroorganizama. Zanimljivo je da su nekultivirani biljni prec i moderne sorte domaćini različitih mikrobiota. Drugi čimbenik koji vjerojatno oblikuje sastav biljnog mikrobioma je međusobna interakcija između različitih vrsta mikroba.

Bolje razumijevanje molekularnog dijaloga između biljaka i njihovih mikrobiota moglo bi revolucionirati poljoprivredu jer su rizosfera i korijenski sustav mjesto intenzivne kolonizacije mikroorganizmima sposobnih za povećanje unosa minerala u biljke i to na više načina (npr. povećanjem aktivne zone korijena, sintezom fitohormona, kemijskom transformacijom hraniva, kao i zaštitom od štetnika i patogena tla). To je dobar razlog za bolju kontrolu mikroba tla kako bi na održiv, jeftin i jednostavan način mogli povećati proizvodnju hrane. Zbog toga je u posljednjih nekoliko godina, proizvedeno više mikrobioloških gnojiva i inokulanta koji se uspješno koriste širom svijeta, ali ishrana bilja još uvijek pokušava riješiti ili optimizirati niz problema vezanih uz gnojidbu. Primjerice, manje od 5 % fosfora tla je raspoloživo biljkama za usvajanje pa je neizostavna primjena mineralnih P-gnojiva, ali fosfata pogodnih za preradu u mineralna gnojiva je sve manje (procijene su između 50 i 200 god.) te ovaj pristup nije dugoročno održiv. Premda se mikrobi dobro snalaze i u tlu koje je siromašno fosforom, mehanizam je i dalje tajanstven, dok s druge strane postoji ogromna količina literature koja dokumentira doprinos *arbuskularnih mikoriznih gljiva* u unosu fosfora u biljke.

Biogenost, odnosno životna aktivnost mikroorganizama u tlu, njihova brojnost, raznolikost i aktivnost, izrazito je važna za postizanje visokih i stabilnih prinosa. Naime, živa faza tla (tzv. *edafon*) obavlja *mineralizaciju* i *humifikaciju* organske tvari (razgradnju ili dekompoziciju svježih organske tvari i sintezu humusa), podržava cikluse transformacije mnogih neophodnih elemenata koje čini dostupnim za usvajanje korijenom i tako osigurava hranjive tvari prirodnoj vegetaciji (npr., odvijanje i regulacija procesa amonifikacije, nitrifikacije, biološke fiksacije dušika, oksidacije sumpora itd.). Što je više hraniva biljnih hraniva iz prirodnih resursa to je manja potreba za korištenjem mineralnih ili sintetskih gnojiva, uz bolje formiranje i održavanje strukture tla što poboljšava drenažu i aeraciju, utječe na boju tla i toplotni režim, zadržavanje vlage i hraniva u zoni korijena itd. Dakle, tla slabe biogenosti zahtijevaju veći intenzitet gnojidbe, ali to ne rješava mnoge probleme u proizvodnji, npr. probleme vezane za sušu, suvišak vlage, zbijanje slabo strukturnih tala i sl.

Mineralizacija organske tvari tla tijekom godine osigurava prirodni izvor bioraspoloživog dušika i ta količina može biti značajna s aspekta ishrane bilja, pa u povoljnim uvjetima može osigurati do $1 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ dan}^{-1}$. Rezultati 15-godišnje kontrole plodnosti na području ist. Hrvatske (~25.000 uzoraka tla) pokazuju da je prosječan sadržaj organskog ugljika u tlu bio $53,2 \text{ t ha}^{-1}$ (min. 7,2 do max. $214,8 \text{ t ha}^{-1}$), odnosno $91,7 \text{ t ha}^{-1}$ humusa koji sadrži približno 58 % ugljika i 5 % dušika. Preračunato na ukupni dušik to iznosi $\sim 4.584 \text{ kg N ha}^{-1}$ te se uz prosječnu stopu mineralizacije humusa od 1 % može prosječno očekivati $\sim 46 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$ (30 - 50 potreba usjeva). Proračun potencijala mineralizacije (pN_{\min}) organski rezervi tla pokazuje da je raspoloživog dušika na području Osječko-baranjske županije nešto više ($67,5 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$), odnosno godišnja rata N-mineralizacije iznosi 1,47 % ukupnog dušika tla, ali uz izrazitu lokalnu varijabilnost ($K_v \% = 83,4$).

Kvantitativno mjerenje mikrobiološke aktivnosti tla može se obavljati brojnim mikrobiološkim metodama, a u posljednje vrijeme često se brzo i jednostavno utvrđuje intenzitet disanja tla kao opći pokazatelj biogenosti. Ispitivanja mikrobiološke aktivnosti tla u RH unazad 50-ak godina pokazuju pad ukupne biogenosti i poremećeni odnos važnijih fizioloških skupina mikroorganizama što se manifestira degradacijom bioloških svojstava tla, sporom transformacijom organske tvari i sintezom humusa slabije kakvoće, a to se odražava na lošiju strukturu tla i njegovo pojačano zbijanje, pojavu pokorice, slabu infiltraciju i zadržavanje vode u tlu i dr.

Dobra biogenost tla može se brzo i lako praktično procijeniti prema brzini razlaganja žetvenih ostataka i organskih gnojiva, dakle kroz tempo oslobađanja dušika, fosfora i drugih biogenih elemenata. Npr., biogenost tla je dobra ako slijedeće vegetacijske godine nema ostataka žetvenih ostataka do dubine oranja, osrednja ako slijedeće godine ima malo teže razgradljivih žet. ostataka (npr. kukuruzovine, stabljike suncokreta i sl.), a loša kad oranični sloj sadrži lakorazgradljive žetvene ostatke (npr. slamu žitarica, lišće ili korijen šeć. repe, gomolje krumpira i sl.).

Biogenost tla često se pojednostavljuje i svodi samo na njegovu bioraznolikost (npr., nova strategija EU), a da pritom još uvijek nije razvijena pouzdana metodologija za mjerenje bioloških čimbenika, niti njena interpretacija, osim jednostavnih procjena (npr. broj gujavica, populacija i brojnost mikroorganizama, disanje tla ili razloženost žetvenih ostataka). Stoga je mjerenje intenziteta disanja tla (aerobna i anaerobna respiracija tla) dobar opći pokazatelj biogenosti nekog tla. Metodologija mjerenja intenziteta disanja tla može biti uz

primjenu portabilnih respirometara, dakle jednostavna i relativno brza, ali su rezultati veoma varijabilni, ovisno o agrokemijskim pedološkim, vremenskim, agrotehničkim i drugim agroekološkim uvjetima.

Na žalost, mikroorganizmi su slabo aktivni ispod 10°C pa organska gnojiva imaju slab učinak pri nižim temperaturama, u suhim ili suviše vlažnim uvjetima i pri slaboj biogenosti tla. Stoga se, obzirom na dozu i vrijeme primjene organskih gnojiva, mora uvažiti dobru poljoprivrednu praksu (dakako i propise), jer npr., previše organskog gnojiva u povoljnim uvjetima mineralizacije organske tvari može snažno potaknuti njegovu mikrobiološku aktivnost što će rezultirati s više hranjivih tvari nego biljke mogu usvojiti iz tla, dok pri nižim temperaturama, niskoj pH vrijednosti tla ili u sušnim uvjetima biljke neće imati dovoljno raspoloživih elemenata ishrane.

U posljednje vrijeme često se konvencionalna obrada, prvenstveno oranje, pogrešno okrivljuje za pad biogenosti tala kao i povećanu razgradnju organske tvari (pad humusa). Međutim, duboka i česta obrada tla je odgovorna za pojačanu aeraciju tla što pojačava mikrobiološku aktivnost i jaču dekompoziciju, odnosno oksidaciju humusa. Dobro je poznato da je organska tvar kardinalan uvjet dobre biogenosti, stabilnosti zemljišnih agregata, dobrih vodo-zračnih odnosa te važan i obilan izvor biogenih elemenata te je to važniji odgovoran način gospodarenja organskom tvari, koji uključuje pored organske i zelenu gnojidbu, sjetvu pokrovnih i međuusjeva, zaoravanje žetvenih ostataka, adekvatnu i pravovremenu obradu i dr. Također, agroekološki čimbenici, kao što su klima, tip tla i posebice agrotehnička praksa, utječu na biotu tla i njezino funkcioniranje na različitim razinama. Budući da je u većini tala više od 90 % ukupnog dušika i sumpora, kao i više od 50 % ukupnog fosfora povezano s organskom tvari tla i mikrobiološkom aktivnosti, pored agroekoloških i antropogeni utjecaji dramatično mogu promijeniti cikluse hranjivih tvari u tlu.

Osijek, travnja 2019.