

# Život ispod površine tla

Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović

Suvremena istraživanja života u tlu sve više primjenjuju nove sustave za proučavanje mikroorganizama i to bez uzimanja uzoraka tla ili otvaranja zemljišnih profila, odnosno bez kopanja. [Radi se o mikročipovima i osjetljivim senzorima za analizu mikroskopskih vrsta u tlu](#) gdje su brojnije od bilo kojeg drugog ekosustava. Naime, tlo sadrži ogroman broj vrsta mikroorganizama u fizički i kemijski vrlo promjenljivoj sredini, kako u prostoru tako i vremenu. Čak i tlo, na oko homogena parcele (ujednačenog izgleda, npr. boje, nagiba, i sl.) grade [različiti strukturni agregati](#) unutar sredine koju čine voda, zrak, mineralne i organske tvari te je podložno velikim promjenama zbog promjena vlažnosti, topline, koncentracije hraniva i drugih tvari (npr. promjena pH), od kojih neke tvari i kemijski elementi mogu biti [toksični](#), djelovati [alelopatski](#) i dr.

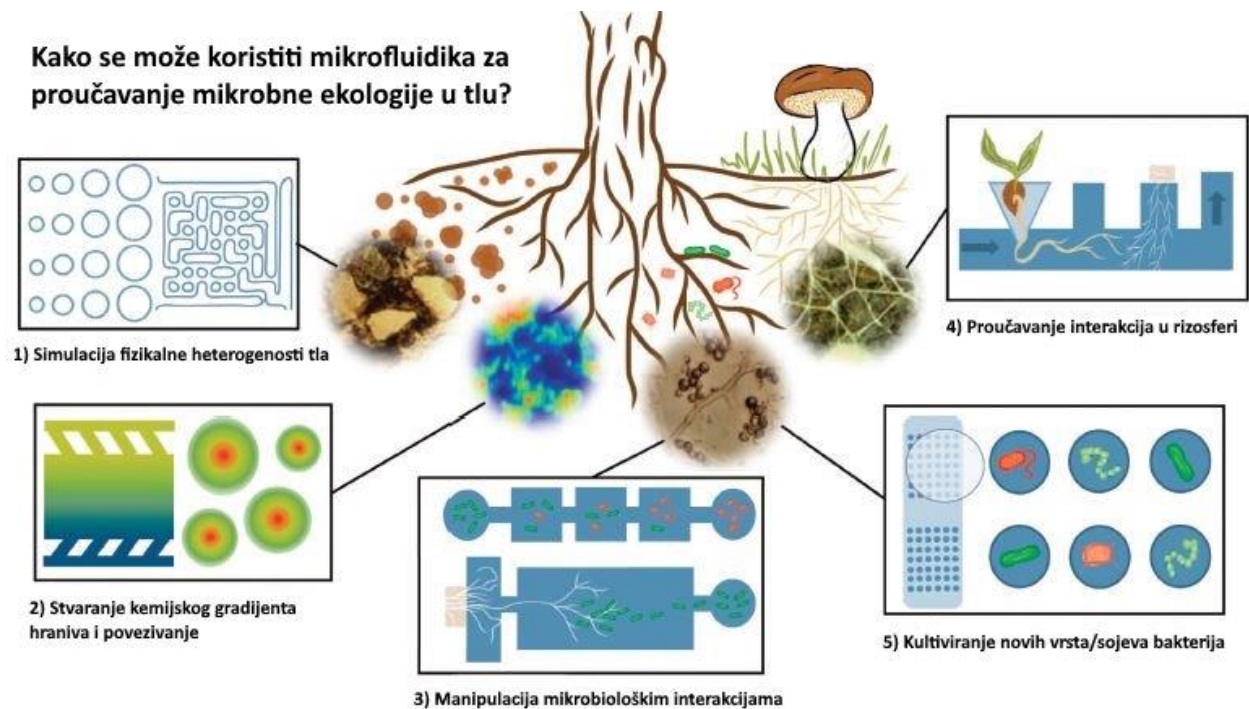
[Tlo, osobito rizosfera \(zona tla pod utjecajem korijena\), je naseljeno raznim bakterijama, gljivama, protozoama i mikroeuکاریotima s različitim ekofiziološkim svojstvima/potrebama, koji aktivno osjećaju i oblikuju svoje neposredno okruženje što rezultira formiranjem raznolikih i visoko reaktivnih biogeokemijski kontroliranih zona](#) s obzirom na interakcije između *biote tla* i abiotskog okruženja, ali i na kontrolne čimbenike i kinetiku tih procesa. Također, koncentracija mikroorganizama je u rizosferi 10 do 100 puta veća u odnosu na ostatak tla, pa se [biološki i kemijski procesi, koji se događaju na sučelju tla-korijen, dramatično razlikuju od onih koji se događaju u ostatku tla zbog interakcije između korijena biljaka, mikroorganizama i komponenti tla](#). To je zapravo ključno mikrobiološko područja istraživanja tla, jer je ono od vitalnog značenja za ekosustav, uključujući rast biljaka, zaštitu pitke vode, [sekvestraciju \(zadržavanje\) ugljika u tlu](#) i dr. Ovakvo složeno i promjenljivo okruženje izazov je za organizme tla kojima je potrebna hrana, ali i sklonište unutar mreže pora tla.

U žlici tla ima više mikroorganizama (gljivica i bakterija) nego što ima ljudi na Zemlji. Ujedno, taj mikroskopski svijet nevidljivim je oku i za tradicionalne tehnike mikrobiološkog istraživanja često težak i teško shvatljiv. Međutim, novim pristupom pomoću mikročipova moguće je pratiti ponašanje mikroorganizama u stvarnom vremenu tako da se [tehnikom mikrofluida](#) kreiraju relativno maleni modeli različitih struktura tla i ekosustava na razini mikroorganizama. *Mikrofluidika* (često se naziva i „*tehnologija laboratorije na mikročipu*“) omogućuje istraživačima preciznu kontrolu fluida u mikro metarskoj, odnosno simulaciju specifičnih uvjeta u različitim kemijskim i biološkim sustavima.

[Modeli su izrađeni od silikonskog polimera i simuliraju strukturu tla s komponentama organskog i anorganskog materijala pod različitim uvjetima okruženja \(vlažnost, toplina, hranjive tvari i dr.\)](#). Ova nova, transparentna tehnologija istraživanja omogućuje izravno sagledavanje svih procesa i ponašanja mikroorganizama (npr. njihovo kretanje, potragu i natjecanje za hranom i vodom, suradnju i dr.). Također, otvara nove mogućnosti u mikrobiologiji tla jer omogućava istraživačima konstrukciju mikroskopskog staništa u kojem je moguće proučavati interakcije između različitih populacija i vrsta mikroorganizama s okolinom na razini pojedinih stanica i hifa gljiva. Istraživači su uvjereni da će ova tehnologija istraživanja tla povećati poznavanje struktura u tlu i važnost organizama koji tamo žive. Na kraju će to dovesti do boljih preporuka o korištenju tla na održiv način koji čuva funkcije tla.

Mikrofluidika kao tehnika istraživanja ima niz prednosti u odnosu na klasična mikrobiološka istraživanja, ali ima i ograničenja pri istraživanju prirodnih sustava. Istraživači moraju biti svjesni da je simulacija ponašanja mikroorganizama, premda bolja od istraživanja na krutim mikrobiološkim podlogama, ipak i dalje izrazito neprirodna, a stvarno, prirodno tlo, sa svim svojim fizičko-kemijskim svojstvima i interakcijama je teško simulirati pa se često u takvim istraživanjima namjerno zanemaruju neke interakcije mikroorganizama i svojstava tla.

Pet je aspekata korištenja mikrofluida u simulaciji oponašanja tla i okoliša te proučavanju mikroorganizama u slabo strukturiranom okolišu (Slika 1).



Slika 1. [Kako se sve mikrofluidi mogu koristiti za oponašanje interakcija u tlu](#)

- 1) Simuliranje fizičke heterogenosti (razlika u struktura i poroznosti tla kako bi se proučilo kako varijacija u fizičkoj heterogenosti utječe, npr., na uspostavljanje mikro okoliša),
- 2) Stvaranje kemijskog gradijenta hraniva i interakcije s drugim topljivim spojevima (npr. proučavanje kemotaksije, odnosno rasta korijena prema većoj konc. hraniva),
- 3) Manipuliranje interakcijama mikroba radi razumijevanja fiziologije mikroorganizama i njihovog ponašanja,
- 4) Proučavanje mogućnosti kultiviranja bakterija koje nije bilo do sada moguće uspješno uzgajati u kulturi (npr., omogućavanjem prijenosa neophodnih tvari iz okruženja što olakšava identifikaciju njihovih posebnih zahtjeva u čistoj, izoliranoj kulturi) i
- 5) Proučavanje interakcija rizosfere (npr. praćenjem korijenske morfologije i kontrole njegove opskrbe hranjivim tvarima). To otvara mogućnost proučavanja uspjeha kolonizacije i sukcesije korijenskih simbioza (npr. uključivanje kvržičnih bakterija – *Rhizobium* spp. i mikoriza), ili praćenje patogena pod diferenciranim uvjetima ishrane.