

# Dobra poljoprivredna praksa upravljanja zdravljem tla

Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović

Suvremena biljna produkcija suočena je s mnogobrojnim izazovima, naročito potrebi za smanjenjem ekološkog opterećenja okoliša, prilagođavanju klimatskim promjenama, povećanju prinosa i zahtjevima za povećanje prehrambene kvalitete uroda. Novi i suvremeni pristup biljnoj produkciji stoga zahtjeva nove i bolje tehnike upravljanja (gospodarenja) poljoprivrednim zemljištem, no samo povećanje plodnosti (*zdravlja tla*; *SH*; *Soil Health*) ne garantira veće prinose, niti bolji kvalitetu uroda. [Kako povećati primarnu biljnu produkciju uz očuvanje okoliša i bolju kvalitetu proizvoda u posljednje vrijeme istraživano je u tisućama studija čiji rezultati pokazuju kako različite poljoprivredne prakse mogu imati utjecaj na povećanje prinosa i njegove kvalitete, ali uglavnom su pomaci mali, ponekad čak i negativni.](#)

[Visoka kvaliteta \(plodnost\), odnosno zdravlje poljoprivrednog zemljišta temelj je za proizvodnju dostatne količine hrane sve brojnijeg stanovništva Zemlje.](#) Budući da [zdravo tlo osigurava neophodne elemente ishrane biljkama kad ju trebaju, u potrebnoj količini i pogodnim proporcijama, to je vrlo složeno i ujedno najvažnije svojstvo tla koje nije moguće apsolutno odrediti \(kvantificirati\), jednako kao niti ljudsko zdravlje.](#) Stoga pojam *zdravo*, *kvalitetno* ili *plodno tlo* odgovara ljudskom poimanju zdravlja, pa promatranje tla kao živog ekosustava odražava temeljni pomak u načinu na koji brinemo o tlima, jer ona nisu inertan medij za rast, sadrže milijarde živih bakterija, gljivica i drugih mikroorganizama te funkcioniraju kao vrlo složen *simbiotski ekosustav*. Stoga se umjesto *plodnosti tla* u znanstveno-stručnoj sredini sve češće definira i primjenjuje izraz *pogodnost tla*, a u proizvođačkom (farmerskom) miljeu *zdravlje tla* koje je [neophodno za visoku produktivnost poljoprivrednih i prirodnih ekoloških sustava, kao i održivo korištenje zemljišnih resursa danas, kao i u budućnosti.](#)

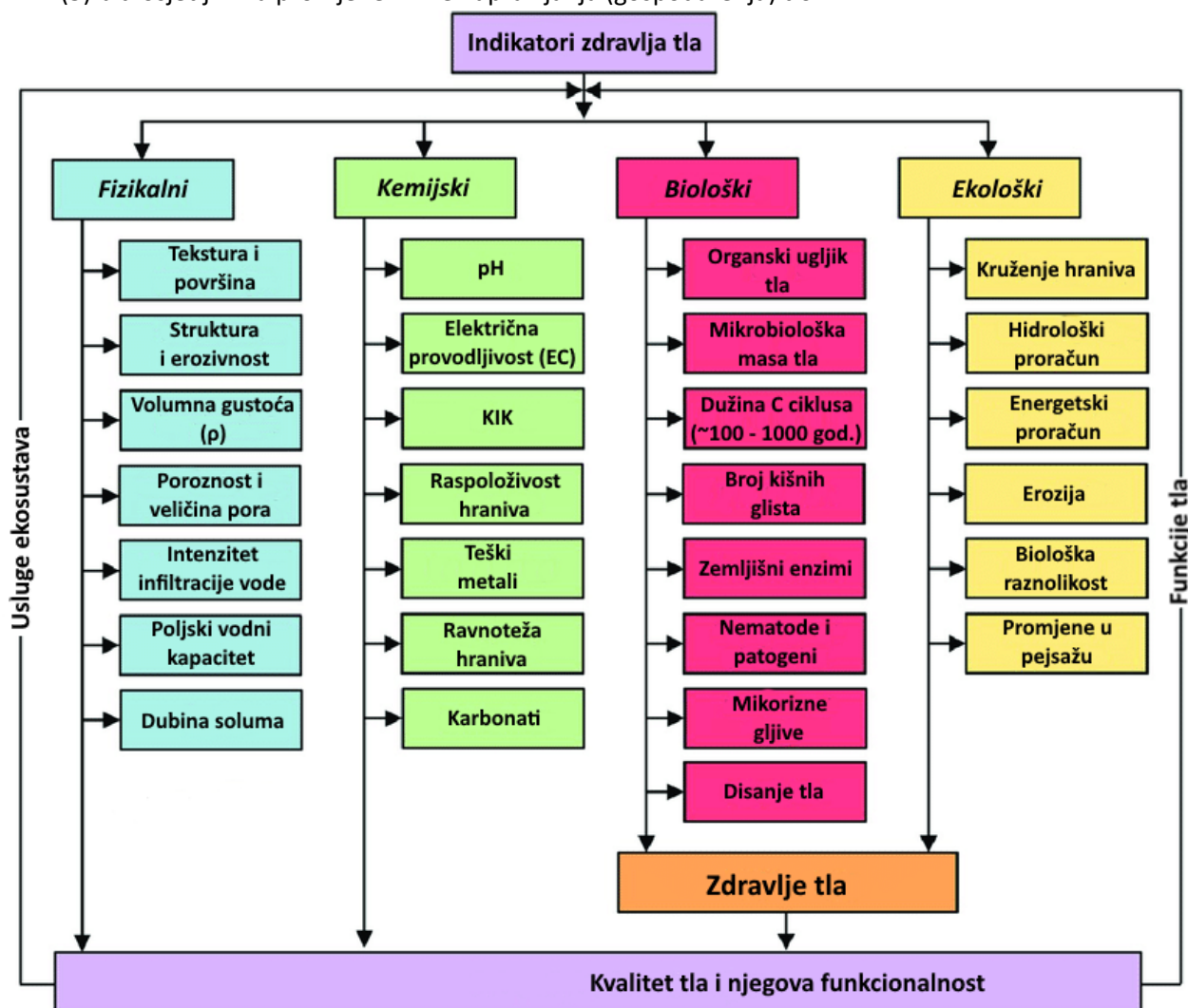
*Zdravo tlo* čini temelj uspješnog ekosustava koji osigurava dovoljno kvalitetne hrane, dobru kvalitetu vode za piće i zdravlje ljudi, sprečava degradaciju zemljišta i utječe dugoročno na porast produktivnosti i profitabilnosti. *Zdravlje tla* se stoga često definira i kao njegova kontinuirana sposobnost da djeluje kao vitalni (živi) ekosustav koji održava biljke, životinje i ljude. Veza između prinosa usjeva i *SH* temelji se na otklanjanju ograničenja u biljnoj proizvodnji (tzv. [faktora minimuma](#), npr. nedovoljnoj količini raspoloživih hraniva i vode, većoj otpornosti na bolesti i dr.). [Međutim, porast prinosa nije linearan i njegov porast sve je manji](#) tako da maksimalno zadovoljenje potrebe usjeva za najveći mogući prinos najčešće nije isplativo, odnosno profitabilno. Primjerice, [visoka doza primjene dušika](#) nakon određene razine nema utjecaja na porast prinosa, a i oblik krivulje odziva prinosa na različite faktore rasta često je snažno izmijenjen drugim faktorima koji utječu na rast i tvorbu prinosa, npr. nedostatak vode, svjetlosti, drugih biogenih elemenata i dr.

[U intenzivnim \(visokoproduktivnim\) sustavima uzgoja upravlja se inputom hranjivih tvari i vode i striktno pazi na pojavu bolesti, štetnika i korova kako bi se povećali prinosi.](#) Međutim, povećanje prinosa i bolja kvaliteta uroda može biti ostvareno i praksom, odnosno agrotehničkim mjerama koje mogu naknadno i dugoročno utjecati zbog poboljšanja *zdravlja tla* (*SH*), kao npr. zaoravanje žetvenih ostataka, uvođenje pokrovnih usjeva, pravilna i široka rotacija, gnojidba usklađena s potrebama biljaka na temelju analize biljnog tkiva i tla i dr. Zatim, specifične komponente prehrambene kvalitete često su obrnuto povezane, odnosno dobra kvaliteta proizvoda često je povezana sa suboptimalnom visinom prinosa (npr., negativna korelacije između sadržaja ulja i proteina u soji, [visina prinosa pšenice i sadržaj proteina u zrnu](#), visok [prinos šećerne repe i sadržaj šećera](#) u njoj itd.).

[Pokazatelji, atributi ili indikatori zdravlja tla pružaju informacije o tome kako tlo funkcionira s obzirom na određeni cilj upravljanja ili ekološku ulogu.](#) Budući da određena funkcija tla može uključivati procese više povezanih kemijskih, fizičkih i bioloških svojstava tla, točan broj indikatora za procjenu zdravlja tla može znatno varirati te se niti jedan pojedinačni pokazatelj ne može koristiti kao mjera zdravlja tla (Slika 1.). Zbog toga *suvremene metodologije utvrđivanje zdravlja tla* redovito uključuju kombinaciju njegovih fizikalnih, kemijskih i bioloških svojstava, npr. organska tvar u tlu, tekstura i struktura tla, kapacitet sorpcije kationa, pH

reakciju, biogenost, kapacitet zadržavanja vode, ekstraktivne esencijalne koncentracije elemenata ishrane i dr. *Idealni pokazatelji zdravlja tla* trebaju:

- (1) biti lako i točno mjerljivi,
- (2) omogućiti mjerenje promjene u funkcijama tla,
- (3) obuhvatiti kemijska, biološka i fizikalna svojstva,
- (4) biti primjenjivi u stvarnim, terenskim uvjetima, kao i dostupni svim korisnicima i
- (5) biti osjetljivi na promjene klime i upravljanja (gospodarenja) tlom.



Slika 1. [Indikatori zdravlja tla](#)

Univerzalna kalibracija ili *umjeravanje pokazatelja zdravlja tla nije moguće* te se tumačenje pokazatelja zdravlja tla mora oslanjati na usporednu analizu podataka. Budući se pokazatelji zdravlja tla razlikuju ovisno o tipu tla, cilju upravljanja, regiji i sustavu uzgoja usjeva, od ključne je važnosti da se utvrđuju i analiziraju na lokalnoj/regionalnoj razini kako bi bili relevantni za konkretno agroekološko područje.

Mnogi pokazatelji *SH* često nisu izravno povezani s visinom prinosa, premda se, primjerice sadržaj organske tvari u tlu prihvaća kao *primarni indikator* njegovog zdravlja zbog pozitivne korelacije s brojnim biološkim, kemijskim i fizičkim indikatorima plodnosti. Međutim, izravni dokazi koji povezuju veći unos organske tvari u tlo s povećanjem prinosa su pak ograničeni. Također, ima još dosta uzročno-posljedičnih interakcija agrotehničke prakse s tipom tla i klimom, u odnosu na organsku tvar tla i visinu prinosa, koje nisu posve jasne. Naime, [premali broj studija bavio se ispitivanjem takvih interakcija, npr. između stabilnosti zemljišnih agregata, sadržaja labilnog/lakomineralizirajućeg ugljika i intenziteta disanja tla kao općeg pokazatelja biogenosti tla s prinomom usjeva](#). S druge strane, postoji ogroman broj podataka o tome [kako poljoprivredne](#)

[prakse koje inzistiraju na zdravlju, odnosno plodnosti tla, utječu na porast prinosa, a mogu se sažeti u četiri načela:](#)

- (a) minimiziranje obrade tla (uključujući i no-till),
- (b) maksimiziranje biljne raznolikosti (plodoredom),
- (c) maksimiziranje prostora korijena (rizosfere) i
- (d) maksimiziranje vremena pokrivenosti tla usjevima, pokrovnim usjevima ili malčom.

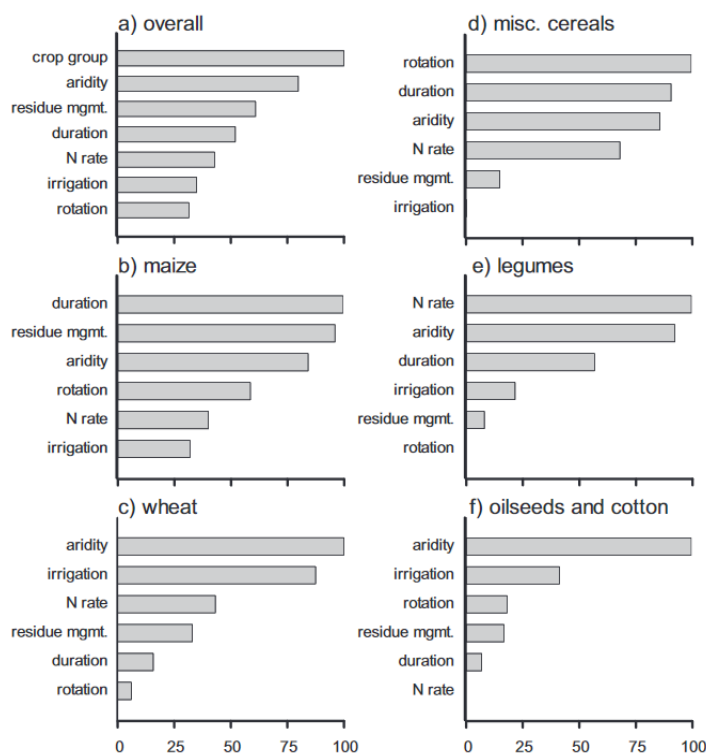
Jasne su i dobro proučene pozitivne interakcije tzv. *rotacijskog efekta*, odnosno plodoreda s visinom prinosa u odnosu na monokulturu ili uzak plodored. Također, dobro je istražen utjecaj rotacijskog efekta na povećanu raspoloživost hraniva iz tla, kao i smanjeni pritisak insekata, korova i bolesti na usjeve.

No-till izostavlja mehaničke poremećaje tla do apsolutnog minimuma i može imati veliku ekonomsku i ekološku koristi (npr. smanjen broj agrotehničkih zahvata, onemogućavanje erozije, manji gubitak hraniva njihovim zadržavanjem u rizosferi, pojačana *infiltracija* (upijanje) i *akumulacija* (zadržavanje) vode u tlu. [Ipak, utjecaj minimizacije obrade tla i rotacije usjeva na visinu prinosa može biti različitoq smjera](#), ovisno o trajanju takve prakse, vremenskim uvjetima, tipu tla, vrsti usjeva itd.

[Nedavna globalna meta-analiza visine prinosa ovisno od obrade tla \(>5000 promatranja prinosa\) utvrdila je ukupan pad prinosa od -9,9 %, a samo -4,7 % uz no-till](#). Važno je naglasiti [kako je porast prinosa primjenom no-till ostvaren jedino u agroekosustavima sa suhom klimom](#), odnosno nedostatkom vode i

kada je no-till kombiniran sa zadržavanjem žetvenih ostataka. Također, [analiza podataka o usjevima naznačila je kako se prinosi uljarica, pamuka i mahunarki podudaraju pri konvencionalnoj i no-till obradi tla, dok je uz no-till prinos kukuruza očito niži](#) (Slika 2.). [Nedavna studija u SAD \(srednji zapad, Corn Belt pojas\) pokazala je kako obrada tla nije imala gotovo nikakvih učinaka na dugoročni prinos kukuruza i soje](#), dok su rezultati dobiveni u *Illinois-u* pokazali da se urod kukuruza i soje ne smanjuje u odnosu na konvencionalnu obradu. Različiti rezultati gore navedenih studija sugeriraju kako je u obradi tla neophodan i kritičan regionalni pristup koji vodi računa o vrsti usjeva, trajanju pojedinog načina obrade tla, uvijek uz zajedničku primjenu ostalih principa upravljanja zdravljem tla (*SH*).

Pokrovni usjevi pružaju mnoge benefite za agroekosustav, primjerice štite tlo od erozije i gubitka hranjivih tvari, zadržavaju hraniva u zoni korijena (*rizosfera*), utječu na temperaturni režim tla, a leguminozni pokrovni usjevi fiksiraju dušik pomoću simbiotskih bakterija i dr. [Ovisno o plodoredu, klimi, vremenskim uvjetima, duljini vegetacije, tipu i načinu obrade pokrovni usjevi mogu konkurirati glavnom usjevu u potrebi za vodom i dušikom](#) ili promijeniti C/N omjer te pozitivno ili negativno utjecati na opskrbu dušikom zbog pojave N-imbilizacije (tzv. *dušična depresija*) te povećati potrebu dušika. Suprotno, [kod leguminoznih pokrovnih usjeva sužava se C/N omjer svježje organske mase uz povećanu raspoloživost dušika za glavni usjev](#). Također, pokrovni usjev mijenja temperaturni režim tla izolacijom njegove površine što u toplijim uvjetima smanjuje njegovo zagrijavanje, a u hladnijim odgađa vegetaciju i tako štiti glavni usjev od niskih temperatura. Uz to, pokrovni usjevi mogu povećati akumulaciju vode i smanjiti gubitke isparavanjem, ali budući da i sami trebaju vodu mogu imati, ovisno o klimi, neutralan, pozitivan ili negativan utjecaje na prinos usjeva.



Slika 2. [Relativni rang nekih varijabli na prinos nekih usjeva u no-till u odnosu na konvencionalnu obradu tla.](#)

U aridnim i semiaridnim klimatskim uvjetima većina studija pokazala je smanjenje prinosa glavnog usjeva nakon pokrovnih usjeva zbog iscrpljenosti vode iz tla, a u agroekosustavima u kojima voda nije limitirajući faktor pokrovni usjevi mogu utjecati različito, ovisno o klimatskim specifičnostima, poljoprivrednoj praksi, tipu tla, vegetacijskoj sezoni, rasporedu oborinama i pritisku bolesti i štetočina.

Važno je pitanje kako praksa poticanja zdravog tla utječe na stabilnost prinosa (varijabilnost i pouzdanost proizvodnje kroz godine) te otpornost na promjenu klime i ekstremne vremenske uvjete. Nedavna meta-analiza stabilnosti prinosa nije pokazala značajne razlike zbog načina obrade tla za različite geografske regije i usjeve, te bi utjecaj zdravlja tla (SH) na stabilnost prinosa trebalo istražiti za različite sustave uzgoja usjeva na lokalnoj i regionalnoj razini, premda mnogi istraživači smatraju da je u specifičnim sustavima srednjoročno i dugoročno stabilnost prinosa evidentna dobrobit SH prakse. Stoga je važno bolje razumjeti kako to SH praksa utječe na kratkoročnu i dugoročnu otpornost i stabilnost prinosa na lokalnoj i regionalnoj razini i kako poboljšanje SH može značajno smanjiti inpute u biljnoj proizvodnji (npr. zbog smanjenog ekološkog opterećenja okoliša, obogaćivanja tla hranivima i/ili sprečavanja njihovog gubitka).

Tehnike upravljanja/gospodarenja zdravljem tla mogu imati višestruku ekološku i gospodarsku korist, ali analize višegodišnjih pokusa pokazuju da su učinci na prinos i njegovu kvalitetu uglavnom ovisni od regije, vrsti usjeva i trajanju gospodarenja uz jasnu prednost u regijama s ograničenom količinom vode. Slično tome, učinak pokrovnih usjeva na visinu prinosa također ovisi o više faktora, uključujući upravljanje, vrstu pokrovnog usjeva i regiju, s prednostima koje se dosljedno ostvaruju u agroekosustavima bogatim vodom. Povijesno gledano,  vrednovanje poljoprivrednog zemljišta  uglavnom je bilo fokusirano na biljnu proizvodnju, ali budući da zdravlje tla uključuje njegovu ulogu u kvaliteti vode, klimatskim promjenama i zdravlju ljudi, otvorena pitanja zahtijevaju suradnju različitih znanstvenih disciplina. Stoga bi svi, uključujući proizvođače, potrošače i znanstvenike, trebali prihvaćati zdravlje tla kao opći princip koji doprinosi ciljevima održivosti, a ne samo kao svojstvo tla koje se mjeri, najčešće još uvijek procjenjuje.

U Osijeku, 30. kolovoza 2020. god.