

## Plodnost tla i njegovo korištenje u okvirima dobre poljoprivredne prakse

Tlo je najveći i najznačajniji prirodni resurs čovječanstva. Nažalost, pretjeranim ili neodgovornim korištenjem tla dolazi do pada njegove produktivnosti uz različiti stupanj degradacije, a proces upropaštavanja tla je gotovo uvijek jednosmjernan, bez realne mogućnosti vraćanja u prethodno stanje. U procesu degradacije tla promjene su prividno male, barem u životu jedne ljudske generacije, što smanjuje potrebnu pozornost i odlaže pravovremeno poduzimanje mjera za zaustavljanje destruktivnih procesa. Stoga, briga o zemljišnim resursima, njegovim prirodnim bogatstvima i biološkoj raznolikosti sve više zaokuplja širu populaciju, a ne samo poljoprivredne proizvođače te sve više postaje odgovornost cjelokupne društvene zajednice. Naime, globalne promjene okoliša nepovratno mijenjaju geobiosferu Zemlje te utječu na život velikog dijela svjetskog stanovništva. Promjene mogu biti prirodne i/ili antropogene (izazvane ljudskom aktivnošću) pa je ekološko opterećenje okoliša = broj stanovnika × tehnologija × životni standard.

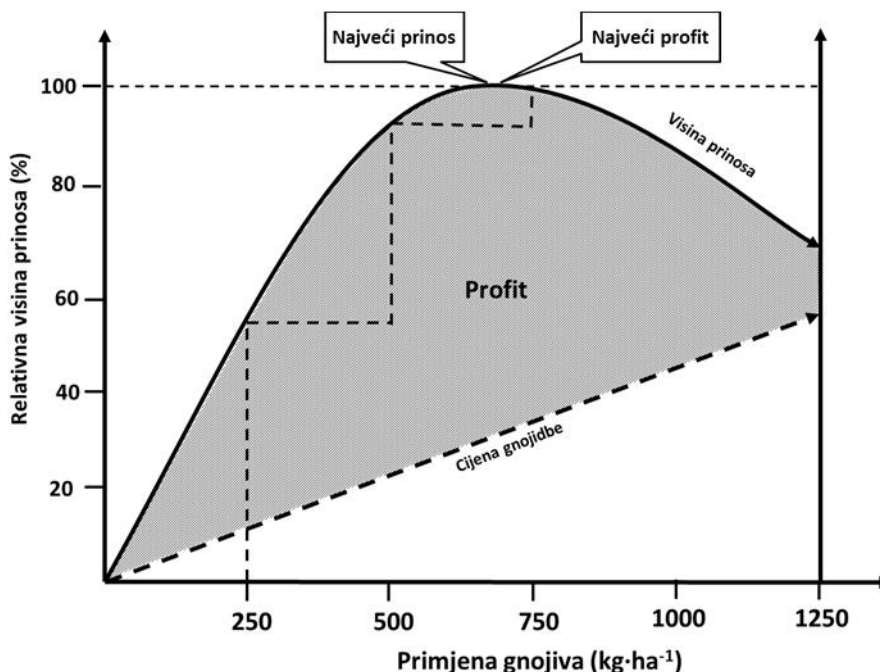
Rast, razvitak i tvorbu prinosa uz dobar kvalitet hrane osigurava tlo kao supstrat biljne ishrane i izvor većine od 17 neophodnih elemenata. To je vrlo složen sustav koji čine kruta (~50%), tekuća (~25%), plinovita (~25%) i živa faza (5-10 t/ha) od kojih svaka utječe na raspoloživost biljnih hraniva, rast i razvitak biljaka. Uz to, tlo nije nipošto nepresušan resurs i ne osigurava prirodnim procesima dovoljnu količinu hraniva za visoke prinose pa je potrebno gnojidbom nadoknaditi odnošenje hraniva urodom. Hraniva iz tla mogu biti i drugim načinima izgubljena za potrebe ishrane bilja (npr. kemijska, biološka, fizička fiksacija, ispiranje, denitrifikacija i dr.). Stoga je plodnost (sinonim je *kakvoća tla*) stanje tla obzirom na njegovu sposobnost snabdjevanja biljaka neophodnim elementima ishrane, a najbolja mjera plodnosti je visina prinosa.

S agrokemijskog gledišta, plodno je ono tlo koje u tijeku čitave vegetacije osigurava biljkama dovoljno hraniva i na kome se trajno postižu visoki prirodni (tzv. *efektivna plodnost* ili *produktivnost tla*), dok je iz aspekta ishrane bilja tlo živ i dinamičan izvor hraniva nužan za život biljaka. Često se za plodnost tla koristi izraz produktivnost jer ona, unutar nekog agroekološkog područja, u velikoj mjeri ovisi o plodnosti tla, ali i tipu gospodarenja. Plodnost tla čini fizikalna sredina specifičnih kemijskih i bioloških svojstava, koja su karakteristična za *antropogenizirane* (ljudskom aktivnošću izmijenjene) tipove tala. U prirodnim ekosustavima, kao što su šume i livade, plodnost tla je njemu svojstvena (*inherentna*) sposobnost održavanja biljne i životinjske produktivnosti. Izvorna svojstva bilo kojeg tipa tla u poljoprivrednoj proizvodnji mogu se u značajnoj mjeri poboljšati primjenom agrotehničkih i hidrotehničkih mjera ili čak potpuno izmijeniti do razine koja opravdava ulaganje i stvara visok profit.

Plodnost tla je agregirano svojstvo velikog broja različitih indikatora plodnosti te se može shvatiti i kao njegova sposobnost da različito funkcionira u odnosu na njegovu specifičnu uporabu. Ovakav stav je u skladu sa starijim poimanjem kakvoće tla po kojem se ona, između široko definiranih funkcija tla i njegovih različitih namjena, ne može cjelovito utvrditi. Većina znanstvenika se slaže kako je kakvoća tla koristan koncept, pogodan za utvrđivanje njegove korisnosti i „zdravlja“, a primjenjuje se u cijelom svijetu u više varijacija i uz mnoštvo različitih namjena. *Stoga je plodnost tla najbolje definirati kao vrednovanjem njegovih specifičnih funkcija koje određuju biljnu produktivnost, odnosno visinu prinosa unutar prirodnog ili ograničeno uređenog ekosustava, koji podržava biljnu i animalnu produkciju, održava ili povećava kvalitetu vode i zraka i potpomaže zdravlje te stanovanje ljudi.*

Funkcioniranje plodnog tla je blizu optimalnog kapaciteta kada u njemu ima dovoljno hranjivih tvari za rast, razvitak i tvorbu prinosa, a prirodni ciklusi neophodnih hraniva omogućavaju biljkama brzi rast i djelotvorno iskorištenje hraniva. U zdravom (kvalitetnom) tlu hraniva se nalaze u pristupačnom obliku te ih biljke koriste prema svojim potrebama. U takvom tlu postoji minimalna opasnost od gubitaka hraniva ispiranjem ili hlapljenjem (*volatizacijom*), *denitrifikacijom* i *erozijom*, a ona se nalaze u zoni korijenovog sustava (*rizosferi*) te je neznatan rizik za kontaminaciju okoliša. Zbog toga je poboljšanje biljno-hranidbenog kapaciteta tla, kao supstrata biljne ishrane, potrebno promatrati isključivo s agrokemijskog stajališta, a ne s pedogenetskog, odnosno pedološkog aspekta, odnosno tipa tla. Osim toga, u poljoprivrednoj proizvodnji i pravilan izbor usjeva i/ili kultivara te njegova tolerantnost i/ili prilagodba na nepovoljna kemijska, fizikalna ili biološka svojstva tla, može pomoći u otklanjanju negativnih i limitirajućih utjecaja. Stoga pedosistematska oznaka, odnosno tip tla, nije niti može biti mjerilo primarne organske produkcije nekog tla, odnosno njegove plodnosti.

U primarnoj poljoprivrednoj proizvodnji djeluju prirodne zakonitosti koje se moraju poznavati i uvažavati kako bi ostvarili najveći mogući profit. Npr. visina prinosa je određena *indikatorom u minimumu*, odnosno čimbenikom nedovoljne raspoloživosti (*Liebigov zakon minimuma*), koji utječe jače na prinos kad su ostali indikatori produktivnosti tla bliži optimumu (*Liebscher zakon optimuma*). Zbog toga je, primjerice, uzalud povećavati dozu dušika gnojidbom kad je niska raspoloživost drugih elemenata ishrane, npr. fosfora i kalija, ili pak nema dovoljno vode u tlu. Također, porastom intenziteta nekog indikatora, npr. povećanjem gnojidbe, porast prinosa je sve manji, pa se iznad optimalne razine prinosa za određeni tip proizvodnje, povećano ulaganje ne isplati (grafikon 1.). Razlog za to je složenost tvorbe prinosa uslijed velikog broja čimbenika (i njihovih međudjelovanja) *biotske* (vrsta, kultivar, nejednaka produktivnost fotosintetskog aparata, različita tolerantnost na nepovoljne uvjete rasta itd.) i *abiotske naravi* (klimatski i zemljišni uvjeti).



Grafikon 1. Povezanost intenziteta gnojidbe, visine prinosa i profita

Treba naglasiti kako na povećanje prinosa, od svih agrotehničkih mjera, najviše djeluje gnojidba, odnosno raspoloživost hraniva. Međutim, primjena gnojiva zahtijeva poznavanje, pored fizikalno-kemijske analize tla i niz drugih činjenica, npr. koliko ima rezidua, odnosno ostataka hraniva iz prethodne mineralne i/ili organske gnojidbe, koliki je intenzitet biološke fiksacije dušika i

intenzitet razgradnje organskih rezervi ili biogenost tla (žetveni ostaci, humus, org. gnojivo), kakva je raspoloživost vode i dr. O kemijskoj analizi tla i utvrđivanju potrebe biljaka za hranjivim tvarima bit će više riječi u narednim člancima.

Ključno pitanje gnojidbe je «*Koliko hraniva treba unjeti u tlo da se osigura potrebna visina prinosa?*» jer usjev iskoristi tek njihov dio, ovisno o biljci, duljini vegetacije, te zemljišnim i klimatskim uvjetima. Dakle, analiza tla pomaže da saznamo koliko hranjivih tvari biljke mogu usvojiti iz tla, a analiza biljne tvari koliko im je potrebno hraniva za očekivanu visinu prinosa. Na ova pitanja nije moguće jednostavno niti jednoznačno odgovoriti (nema recepta) jer je plodnost tla, odnosno njegov kapacitet produktivnosti određen *indikatorima* (čimbenicima, parametrima, ili atributima), a ima ih povećani broj (statičnih i dinamičnih koji su podložni vrzima i čestim promjenama), pretežito vezanih uz tlo, klimu, vrstu (i kultivar) i agrotehniku (gnojidbu, zaštitu, obradu i dr.), ali i znanje poljoprivrednih proizvođača. Stoga izraz *plodnost tla* označava njegovu sposobnost da osigura potrebnu hranu biljkama u adekvatnim količinama i pogodnim proporcijama, to je vrlo složeno i ujedno najvažnije svojstvo koje nije moguće apsolutno odrediti (*kvantificirati*). Niti zdravlje čovjeka se ne može apsolutno utvrditi te u tom smislu, kvalitetno tlo ili plodno tlo odgovara ljudskom poimanju zdravlja. Stoga se umjesto plodnosti sve češće definira i primjenjuje *pogodnost tla* obzirom na agronomske, ekološke, ekonomske, sociološke i tehnološke aspekte konkretne biljne proizvodnje.

Pridržavanje principa koji poljoprivrednu djelatnost usklađuju s ekološkim ali i ekonomskim načelima, odnosno način korištenja zemljišta kojim se najbolje mogu ostvariti ciljevi gospodarske i ekološke održivosti, naziva se *dobra poljoprivredna praksa* (*Good Agricultural Practice* ili *GAP*), naročito zbog proklamiranih ciljeva:

- a) prihvatljivo ekološko opterećenje okoliša,
- b) očuvanje i podizanje plodnosti tla prirodnim putem i
- c) čuvanje i poticanje biološke raznolikosti.

Budući da konvencionalna, posebice intenzivna poljoprivreda ima sve odlike industrijske proizvodnje (primjena mehanizacije, kemijskih prirodnih i sintetskih preparata kao što su gnojiva, pesticidi, aditivi itd., masovna proizvodnja na velikim površinama i dr.), često je prekomjerno onečišćenje i devastacija prirodnog okoliša, što opravdano izaziva nezadovoljstvo potrošača uz gubitak povjerenja u kakvoću i zdravstvenu ispravnost hrane. Posljedica je sve veća potražnja *ekološki (organski) proizvedene hrane* uz sve jači nadzor u konvencionalnoj proizvodnji, jer potrošači imaju pravo na sigurnu i kvalitetnu hranu (EC, br.178/2002., Zakon o hrani, NN 46/2007.).

Načela dobre poljoprivredne prakse preoblikovana su u *integriranu poljoprivrednu proizvodnju*, a *integrirana gnojidba* mora biti ekološki prihvatljiva i ekonomski isplativa što podrazumijeva primjenu gnojiva u količinama koje odgovaraju potrebama i stanju biljaka (usjeva, povrća, nasada), plodnosti tla, profitabilnosti rada i uloženi sredstava te istovremeno vodi računa o vremenskim uvjetima, okolišu i mogućem prinosu. *Integrirana biljna proizvodnja* razuman je kompromis između konvencionalne i ekološke. To je sustav uzgoja koji primjenu agrotehničkih mjera usklađuje s ekonomskim i ekološkim principima i sve se češće naziva *održivom poljoprivrednom proizvodnjom*.

Kakvoća poljoprivrednog zemljišta i održiva poljoprivredna proizvodnja su temelj dostatne količine hrane za prehranu sve brojnijeg stanovništva Zemlje. U tom smislu zdravlje tla je neophodno za dobrobit i produktivnost poljoprivrednih i prirodnih ekoloških sustava, a održivo korištenje zemljišnih resursa važno je danas, kao i u budućnosti. Budući da je zdravlje tla njegovo bitno svojstvo koje se ne može izravno mjeriti, niti možemo u kratkom ljudskom vijeku utvrditi značajne promjene njegove produktivnosti, moramo naučiti kako zemljišne resurse mudro i odgovorno koristiti u proizvodnji hrane, tako i za druge namjene. Stoga je važno naglasiti kako se u

poljoprivredi upravljanje tlom svodi na optimizaciju proizvodnje hrane bez štetnog utjecaja na okoliš, dok u prirodnim ekosustavima upravljanje je u odnosu na početno stanje ili mogućnost buduće promjene.

U prošlosti, mnogi od argumenata o održivosti poljoprivrednih sustava odnosili su se na povrat hranjivih tvari u tlo. Međutim, povećanjem pritiska na zemljišne resurse postaje jasno kako niti jedan poljoprivredni sustav neće biti održiv na dugi rok ako ne uzima u obzir ciklus hraniva, vodu i korištenje energije. Naime, povećanje prinosa obično zahtijeva korištenje više energije i drugih resursa, premda u tome pomaže povećanje učinkovitosti gnojiva, navodnjavanje, efikasnija agrotehnika i dr.

Pretjerana eksploatacija tla, općenito ekosustava, ide na štetu njegove plodnosti i potkopava sposobnost biosfere da održi potrebnu razinu proizvodnju hrane, ali i osigura kontinuirani protok drugih dobara i usluga neophodnih za dugotrajni ljudski opstanak, uključujući i održavanje slatkovodnih resursa, regulaciju klime i kvalitete zraka te pad zaraznih bolesti. Stoga se na globalnoj razini, u interesu uravnoteženja proizvodnje hrane i produktivnosti poljoprivrednog zemljišta predlaže ograničenje obradivih površina na 15%, a trenutno se koristi nešto manje (~12%).

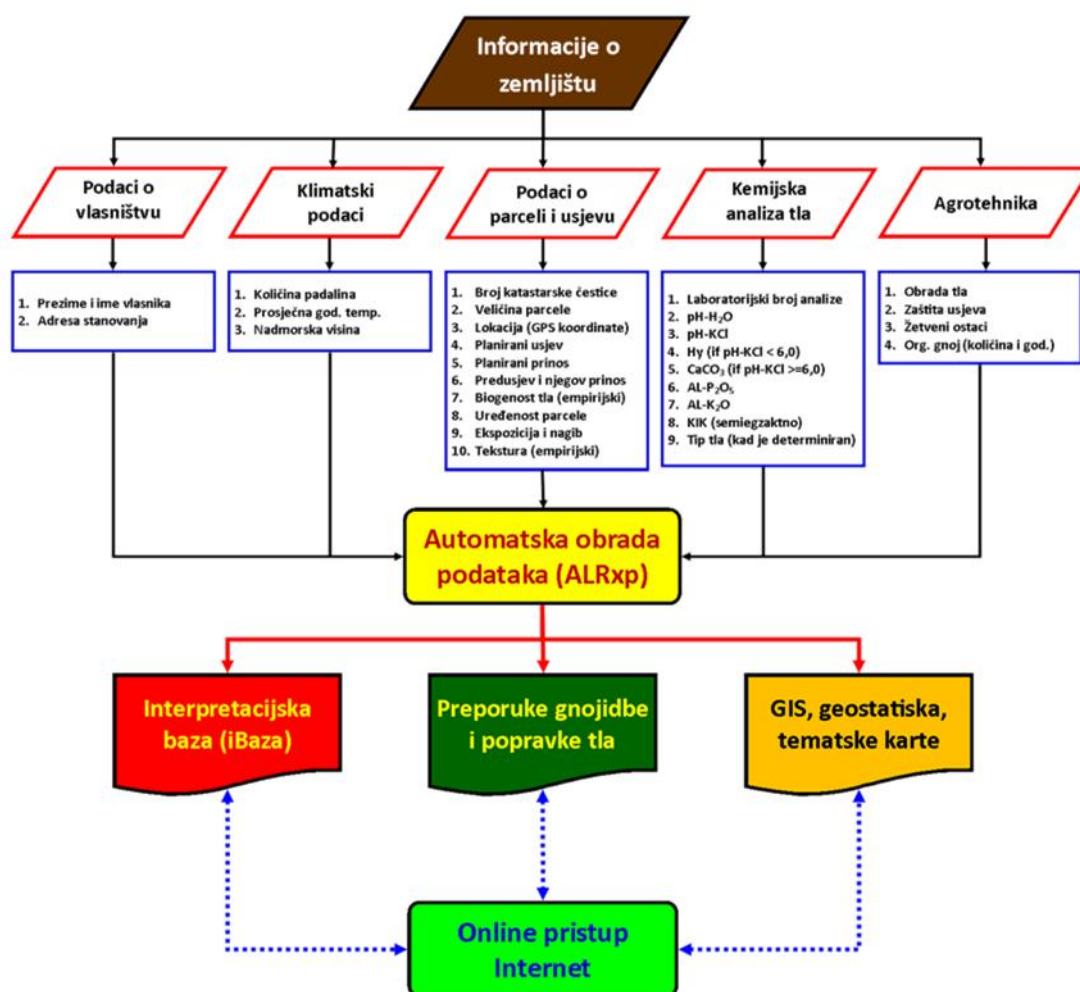
*Održivo upravljanje zemljištem (Sustainable Land Management ili SLM)* je temelj održive poljoprivrede i strateška je komponenta održivog razvoja (u globalnim razmjerima i ublažavanje siromaštva). Trenutno postoji samo nekoliko zemalja u svijetu koje još uvijek imaju rezerve zemljišnih resursa potrebnih za očekivano povećanje svoje populacije. U većini slučajeva, proizvodnja se povećava intenziviranjem površina pod kultivacijom. Nadalje, u većini zemalja u razvoju ljudi se još uvijek pretežito bave primarnom poljoprivredom, stočarstvom, šumarstvom i ribarstvom, a njihov život i mogućnosti za ekonomski razvoj su izravno povezani s kvalitetom zemljišta i njegovih resursa. Zbog toga SLM nastoji uskladiti često proturječne ciljeve pojačanog gospodarskog i društvenog razvoja uz zadržavanje i povećanje svih, posebice ekoloških funkcija zemljišnih resursa. Uglavnom se smatra kako se oba cilja mogu postići istovremeno ako se zemljišni resursi koriste na odgovarajući način u čemu pomaže *SLM monitoring*.

Ključno pitanje SLM analize upravljanja zemljišnim resursima je „*Zašto korisnici zemljišta primjenjuju neprimjerenu praksu?*“ Naime, korisnici zemljišta su u većini slučajeva svjesni degradacije tla, ali nisu u stanju promijeniti praksu korištenja zbog političkih i ekonomskih okolnosti. Npr. narušavanje politike stabilnih tržišnih cijena, nesigurno i često promjenjivo zemljišno pravo, zlouporaba subvencija i poticaja itd., što sve ograničava mogućnost prakticanja SLM.

U biofizikalnoj analizi vrednovanja zemljišta i procjene zemljišne pogodnosti postoje dva glavna smjera: *kvalitativna* i *kvantitativna procjena*. Općenito govoreći, sustav vrednovanja zemljišta je kvalitativan kada su svojstva zemljišta definirana kategorijama (npr. bonitetne klase), a smatra se kvantitativnim kada su te vrijednosti kombinacija numeričkih i matematičkih iskaza ili stupnjevani indeksi. Kvalitativno vrednovanje zemljišta je jednostavno jer opisno ocjenjuje prikladnost zemljišta za pojedine namjene uz njegovo grupiranje, uglavnom na subjektivan način i u mali broj kategorija ili *bonitetnih klasa*. Primjena kvalitativnih sustava procjene zemljišne pogodnosti ili *bonitiranje* u velikoj mjeri ovisi o iskustvu i intuitivnoj prosudbi te su to pravi empirijski (iskustveni) sustavi.

*Aritmetičke ili parametarske metode* utvrđivanja zemljišne pogodnosti se smatraju prijelaznom formom između kvalitativnih metoda, koje su u cijelosti utemeljene na empirijskoj stručnoj prosudbi i standardnih matematičkih modela koji su pravi kvantitativni sustavi. *Statistički modeli* mogu se također smatrati semikvantitativnim metodama. Trenutni napredak u

informacijskoj tehnologiji omogućio je primjenu različitih tehnika modeliranja i najsloženijih sustava procjene zemljišne pogodnosti uz vizualizaciju poljoprivrednog prostora GIS-om.



Grafikon 2. Shema Interpretacijske baze zemljišnih resursa Osječko-baranjske županije (2003.-2011. god; ~25.000 slogova; >1.000.000 informacija).

Suvremene i sofisticirane metodologije omogućuju kvantificiranje i integraciju različitih procjene zemljišne pogodnosti uz detaljnu analizu te danas *zdravlje tla* više nije tek puki sinonim za njegovu plodnost već okosnica *Koncepta zemljište* (autor je *Vladimir Vukadinović*). Taj model utvrđivanja zemljišne pogodnosti trenutno se provodi samo u Osječko-baranjskoj županiji u posljednjih deset godina te trenutno sadrži informacije o ~25.000 uzoraka tla i više od 1.000.000. informacija. Model je trenutno ograničen na agrološke (agronomske i biološko-ekološke) indikatore pogodnosti zemljišta (grafikon 2.) te obuhvaća dijelom i tehničko-tehnološke indikatore biljne produkcije. Pošto sociološko-ekonomski indikatori biljne proizvodnje snažno ovise o društvenim i ekonomskim normama, navikama, kulturi i dr., oni će biti uključeni u nekoj budućoj fazi razvitka *Koncepta zemljište*. Međutim, i bez tog, neobično važnog aspekta (kao što su planiranje i analiza proizvodnje hrane, cijena rada i proizvoda, repromaterijala, organizacija tržišta, navike proizvođača i potrošača itd.), kontrola plodnosti zemljišnih resursa Osječko-baranjske županije, prema ovom modelu, vrlo uspješno i sistematski se realizira na razini poljoprivredne proizvodnje. Model *Kontrole plodnosti OBŽ* za usjeve obuhvaća pet grupa ulaznih podataka, odnosno vlasništvo, klima, podaci o parceli i usjevu, kemijska analiza tla i agrotehnika (za trajne nasade model je znatno složeniji). Time su podaci kemijske analize tla upotpunjeni važnim indikatorima/atributima produktivnosti zemljišta, a računalnom obradom tih podataka (autor programa je *Vladimir Vukadinović*), pored procjene zemljišne pogodnosti dobivaju se gnojdbene preporuke (slika 1.) za biljnu proizvodnju, uz velik broj vrlo važnih informacija (npr. o potrebi

popravke tla, potencijalu NP-mineralizacije, integriranoj gnojdbi) poljoprivredni proizvođači dobivaju objašnjenje gnojdbene preporuke, kao i savjete za dobru poljoprivrednu praksu. Konačno, podaci i informacije iz računalne obrade analiziraju se i vizualiziraju GIS alatima te prikazuju na tematskim agrokemijskim, proizvodnim, pedološkim i dr. kartama.

Osječko-baranjska županija, Zavod za kemiju, biologiju i fiziku tla PFOS, Hrvatski centar za poljoprivredu, hranu i selo, Zavod za tlo i očuvanje zemljišta <b>Gnojdbena preporuka za usjeve na temelju analize tla</b> <i>Uzimanje uzoraka i kemijska analiza tla: Zavod za kemiju, biologiju i fiziku tla, Osijek, Kralja P. Svačića 1d</i>			
<b>Podaci i kemijska analiza tla, lab. broj: [859]</b>			
Vlasnik:	Zavod za kemiju biologiju i fiziku tla		
Adresa:	31000 Osijek, Kralja Petra Svačića 1d		
Parcela:	2057519	Geopozicija:	širina = 45.55576N; duljina. = 18.70758E
Usjev:	Kukuruz	RP%:	56.74% (srednje pogodno)
Plan. prinos:	10.00 t/ha	Površina:	1.72 ha
Predusjev:	Pšenica ozima	Žet. ostaci:	2.0 t/ha
Org. gnoj:	0 t/ha	God. prim. gnoja:	bez org. gnoja
<b>Rezultati agrokemijske analize tla</b>			
pH <sub>KCL</sub>	4.19	pH <sub>HOH</sub>	5.04
Humus %:	2.01	AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	12.00 mg/100g
AL-K <sub>2</sub> O	22.79 mg/100g	KIK:	15.28 cmol <sup>(+)</sup> kg <sup>-1</sup>
Hy:	3.94 cmol <sup>(+)</sup> kg <sup>-1</sup>	Feel test:	lako ilovasto
<b>Preporuka konvencionalne gnojdbi</b>			
Mineralno gnojivo:	7:20:30	Potreba NPK:	188:140:90 (kg/ha)
Preporuka NPK:	500 (7:20:30 kg/ha)	Idealni omjer:	10:13:8 (NPK)
Urea:	83 (38 N kg/ha)	KAN:	425 (115 N kg/ha u startu i/ili prihrani)
Bez uree:	0	KAN (bez uree):	566 (153 N kg/ha u startu i/ili prihrani)
P-gnojivo:	0 (Bez P-gnojiva)	K-gnojivo:	0 (Bez K-gnojiva)
NPK bilanca:	0 : 40 : 60+ (Nije izbalancirano!)		
Raspodjela gnojdbi:	25% N u osnovnoj; 75% N u startu i/ili prihrani; PK i org. 100% u osnovnoj gnojdbi!		
Dopunski podaci:	biogenost = dobra; predusjev = pšenica ozima; prinos predusjeva = očekivan; nagib i eksp. = <5% sjeverno; uređenost = kan. mreža, umjereno ocjedito; <sup>(x)</sup> = numerička interpolacija		
Kalcijacija:	Saturacija bazama = 90%	Potreba Ca:	1881 kg/ha
Potreba CaO:	2633 kg/ha	Karbokalk:	6019 kg/ha
Oborine:	<= 650 <sup>(x)</sup> (mm/god.)	Temperatura:	12.5 <sup>(x)</sup> (°C/god.)
Rata N-min:	34.0 <sup>(x)</sup> (kg N/ha/god.)	N-deficit:	23.6 kg N/ha ili 51.3 kg uree/ha
<b>Preporuka integrirane gnojdbi</b>			
Preporuka NPK:	388 (7:20:30 kg/ha)	Potreba NPK:	146:109:70 (kg/ha)
Urea:	64 (30 N kg/ha)	KAN:	330 (89 N kg/ha u startu i/ili prihrani)
Bez uree:	0	KAN (bez uree):	439 (119 N kg/ha u startu i/ili prihrani)
P-gnojivo:	0 (Bez P-gnojiva)	K-gnojivo:	0 (Bez K-gnojiva)
<b>Potreba hraniva u narednoj godini (kg/ha aktivne tvari)</b>			
Ozima pšenica:	130:86:34 za 5.39 t/ha	Šećerna repa:	163:70:96 za 51.07 t/ha
Soja:	139:102:48 za 3.4 t/ha	Suncokret:	120:89:49 za 3.23 t/ha
Ječam ozimi:	101:59:34 za 5.11 t/ha	Uljana repica:	110:103:46 za 3.18 t/ha
Preporučene doze integrirane, kao i konvencionalne gnojdbi, mogu biti ograničene zbog ekonomskih, ekoloških i biljno-fizioloških razloga, sukladno Tehnološkim uputama Ministarstva poljoprivrede za 2012. god! Prije N-prihrane ozimih usjeva i proljetne sjetve provjerite Nmin metodom status N i korigirajte N-preporuku! U ekološkoj proizvodnji primjenite samo dopuštena sredstva (NN 139/10)!			
Kompjutorski program: Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović <sup>©</sup> , v13.30			

Slika 1. Gnojdbena preporuka (za konvencionalnu i itegriranu gnojdbu, bez interpretacije rezultata)