

Filozofija gnojidbenih preporuka

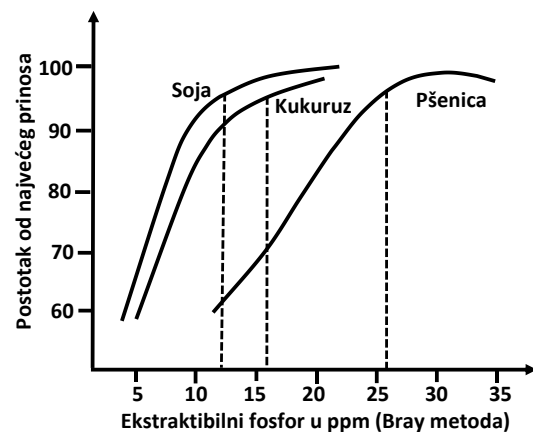
Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović

Suvremena biljna produkcija hrane temelji se na znanosti i koristi tehnologiju koja omogućava profitabilno postizanje visokih prinosa. Zašto onda opet pišem o filozofiji gnojidbenih preporuka i zar suvremena znanost nije u stanju osmisliti jedan, univerzalan protokol za kreiranje gnojidbenih preporuka? Filozofija se bavi traženjem mudrosti, odnosno znanja, poznavanja, sposobnosti ili umještost, ali znanost još uvijek nema sve odgovore na probleme u biljnoj produkciji. Naime, [u savršenom svijetu svi bismo imali pjeskovito-ilovastu teksturu, mrvičastu strukturu bez zbijanja i izvrsne drenaže, dovoljno vlage u tlu, kultivare koji postižu najviši prinos, jednolično nicanje, bez bolesti i štetnika, tlo bez ispiranja hraniva, dubok solum itd.](#) Međutim, stvarnost je daleko od idealne, sezonski vremenski uvjeti su često vrlo promjenjivi, bolesti, štetnike i korove nemoguće je potpuno kontrolirati, ekonomski i tržišni uvjeti veoma su promjenjivi, kao i znanje proizvođača i njihova sklonost ulaganju i rizicima. Dakle, nije sve savršeno pa su tako i gnojidbene preporuke temeljem različite metodologije analize tla primjenjive samo za uže agroekološko područje i slične socio-ekonomske i tehničko-tehnološke okolnosti, a prelazak na drugu metodologiju zahtijeva značajne napore, obuku i resurse kako bi se uspostavila dovoljna baza znanja, nove granične vrijednosti i protokol kreiranja gnojidbenih preporuka za novu metodu.

[Utvrđivanje raspoložive količine hraniva u tlu predstavlja temelj za preporuku gnojidbe.](#) U tu svrhu upotrebljavaju su različite *kemijske ekstraktivne metode*, često loše kalibrirane ili s nekritički prihvaćenim granicama opskrbljenosti iz strane literature i posve različitih agroekoloških i drugih uvjeta te bez znanstvene provjere u konkretnim proizvodnim uvjetima. Budući da se kemijska ekstrakcija hraniva iz tla jako razlikuje od usvajanja biljnim krojenom, sve kemijske metode moraju biti kalibrirane vegetacijskim pokusima, u polju i/ili u kontroliranim uvjetima, kako bi se točno utvrdilo koju to količinu hraniva mogu usvojiti različiti usjevi, obzirom na njihovu genetsku, fiziološku i morfološku specifičnost, kao i adsorpcijsku moć korijena. *Kalibracija* (umjeravanje) je uspostavljanja veze između vrijednosti dobivene analizom tla i visine prinosa uz primijenu poznate doze gnojiva, a *korelacija* je odnos između usvojene količine hraniva biljkama iz tla i unesene količine aktivne tvari gnojiva ili prinosa usjeva (Slika 1). Ako se korelacijski odnos između usvojene količine hraniva i visine prinosa ne može utvrditi, metoda kemijske analize nije upotrebljiva.

[Važno je imati na umu da ispitivanje tla nije egzaktna znanost i da preporuke gnojidbe nisu, niti mogu biti apsolutno točne te se očekuje od njih da vrijede u barem 65 % pa čak i do 80 % slučajeva.](#) Suvremena analitika tla jeko je napredovala pa gnojidbene preporuke danas predstavljaju najučinkovitiji alata za upravljanje hranjivim tvarima u tlu. Npr., pogreške pri utvrđivanju potrebe za N-prihranom kreću se u granicama $\pm 20 \text{ kg ha}^{-1}$, dok se pojave bolesti i štetnika prognoziraju s oko 80 % točnosti. [Osim toga, periodične analize tla \(npr. u intervalu 3-5 god.\) djeluju kao izvrstan pokazatelj trenda raspoloživosti hraniva i moguće promjene plodnosti.](#)

[Ispitivanje tla važan je prvi korak za procjenu sposobnosti tla u opskrbi bilja elementima ishrane i temelj za utvrđivanje gnojidbene doze, vremena i načina primjene gnojiva.](#) Poljoprivrednici očekuju od gnojidbene preporuke najprije *dijagnozu stanja*, a zatim otklanjanje nedoumica, odnosno odgovore kada, koliko, čime i na koji način gnojiti. Međutim, kad analizu tla obave u različitim laboratorijima, gotovo u pravilu primjećuju razliku, ne samo u rezultatima analize već i u preporukama gnojidbe. Razlog tome je što se laboratorije, jednako domaće i strane:



Slika 1. [Korelacija između usvajanja fosfora i prinosa soje, kukuruza i pšenice u %.](#) Sjecišta točkastih i punih crta ukazuju na kritičnu točku na kojoj daljnji dodaci gnojiva neće ekonomski povećati prinose.

- ne drže jedinstvenog i propisanog protokola uzorkovanja i analize tla,
- koriste vlastite prilagodbe istih metoda,
- često koriste različite analitičke metode,
- upotrebljavaju granične vrijednosti raspoloživosti elemenata ishrane i pojedinih svojstava tla koji nisu provjereni u konkretnim agroekološkim uvjetima,
- primjenjuju neprovjerene i generalizirane šablonske preporuke/recepture ili
- practiciraju različitu filozofiju za kreiranje gnojidbenih preporuka.

Filozofija ili strategija gnojidbe može se razmatrati s više različitih aspekata, a ovaj tekst ograničen je samo na filozofiju gnojidbenih preporuka koju čini nekoliko osnovnih pristupa s više podvarijanti.

Razina dostatnosti dostupnih hranjivih sastojaka (*Sufficiency Level of Available Nutrient; SLAN*). Ova filozofija kreiranja gnojidbenih preporuka često se naziva i *Koncept postotne dostatnosti* ili *Koncept zahtjeva za hranjivim tvarima* (*Crop Nutrient Requirement; CNR*). **SLAN** pristup, odnosno njegove varijante, najčešće se primjenjuju u RH. Primjerice, rezultati kemijske analize tla

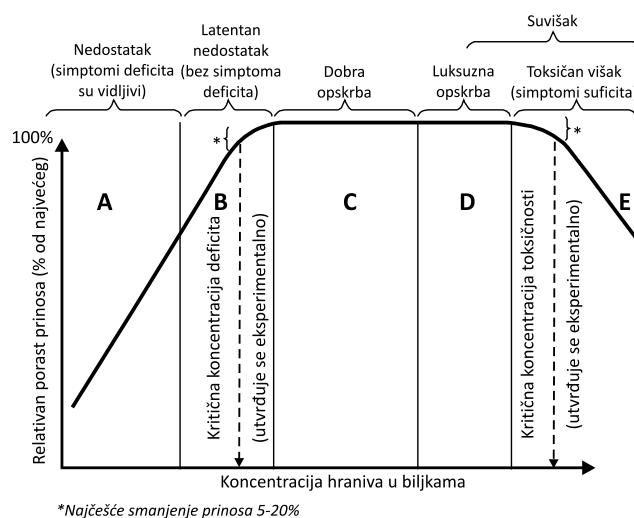
Tablica 1. Granične vrijednosti AL-P₂O₅ i AL-K₂O za ratarske usjeve na području istočne Hrvatske

Razred raspoloživosti	AL-P ₂ O ₅ mg 100 g ⁻¹		AL-K ₂ O mg 100 g ⁻¹ tla		
	pH < 6	pH ≥ 6	lako	srednje	teško
(A) jako siromašno	< 5	< 8	< 8	< 12	< 15
(B) siromašno	5 - 12	8 - 16	9 - 15	13 - 19	16 - 24
(C) dobro	13 - 20	17 - 25	16 - 25	20 - 30	25 - 35
(D) visoko	21 - 30	26 - 45	26 - 35	30 - 45	36 - 60
(E) ekstremno visoko	> 30	> 45	> 35	> 45	> 60

AL-metodom razvrstavaju se u pet grupa ili razreda raspoloživosti (Tablica 1.), što se temelji na kalibraciji putem mreže vegetacijskih poljskih pokusa (doduše starim nekoliko desetljeća i samo za područje Slavonije), a klasifikacija statusa hraniva u tlu standardno se može i

grafički prikazati (Slika 2.). Na tlima koja su dobro i visoko opskrbljena hranivima nije prema **SLAN** pristupu potrebna gnojidba, izuzev u startu radi poticanja ranog porasta biljaka.

Filozofija izgradnje i održavanja razine plodnosti tla temelji se na podizanju plodnosti tla do visoke razine hranjivih tvari čija je raspoloživost niska ili osrednja što se može provoditi u više vegetacijskih sezona, a u narednim sezonama gnojdbom se vraćaju samo odnesena hraniva (prinosom i žetvenim ostacima), čak i kad je tlo njima dobro opskrbljeno. Filozofija gnojidbenih preporuka po ovom principu teži održavanju visoke razine plodnosti tla stalnim dodavanjima gnojiva tako da na prinos nikad ne utječe manjak hraniva. Također, ovaj koncept gnojidbe ne uzima se u obzir prirodni dotok hraniva (mineralizacija organske tvari tla, mikrobiološka N-fiksacija i dr.), a količina odnesenih elemenata ishrane izračunava se temeljem prinosa i uklonjenih žetvenih ostataka.



Slika 2. Grafički prikaz klasifikacije statusa hranjivih tvari u tlu

Koncept zasićenja tla baznim kationima (*Basic Cation Saturation Ratio; BCSR*) nazvan i *Koncept omjera kationa* fokusira se na katione kalij (K), magnezij (Mg) i kalcij (Ca) i pokušava održati idealni omjer ovih baznih kationa na kationskom izmjenjivačkom kompleksu (KIK) u oraničnom sloju tla, a prirodno recikliranje hranjivih tvari, kao i u prethodnom pristupu, se ne uzimaju u obzir. Kationi su općenito klasificirani kao *bazni* (npr. Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ i Na⁺) i kiseli (npr. H⁺ i Al³⁺) temeljem njihovog utjecaja na pH tla i vežu se izmjenjivo, relativno labavo, na površinu negativno nabijenih koloidnih čestica (glina i humus tla) koje ih privlače i zadržavaju u tlu omoqućavajući lako usvajanje korijenom, sprečavajući ujedno njihovo ispiranje. Praksa gnojidbe radi izmjene ili dopune omjera baznih kationa u tlima naziva se uravnoteženje tla. Poželjna raspodjela zamjenjivih baznih kationa u tlu je Ca = 65%, Mg = 10%, K = 5% i H = 20% pa su rezultirajući omjeri Ca/Mg = 6,5/1, Ca/K = 13/1 i

Mg/K = 2/1 (u cmol⁽⁺⁾ kg⁻¹). Pojedine laboratorije izmijenile su navedene omjere kako se ne bi primjenjivale suviše doze hraniva, osobito na laki tlima niskog KIK-a. [Dok znanstvenici zanemaruju koncept BCSR, neki poljoprivrednici i agronomi ga još uvijek primjenjuju](#) jer smatraju da je *uravnoteženje tla* održiv pristup za učinkovito upravljanje korovima, štetnicima i poboljšava u cjelini kvalitetu tla, što u konačnici rezultira povećanjem prinosa usjeva. [Ova filozofija i danas se koristi u SAD](#), a u RH samo [kod utvrđivanje potrebe kalcizacije kiselih tala](#) i [potrebe gipsanja](#).

Ukratko opisane originalne filozofije kreiranja gnojidbenih preporuka doživjele su niz promjena i adaptacija u smjeru racionalizacije gnojidbe, obzirom na nova saznanja i temeljem ogromnih baza podataka o tlima, gnojidbi (dozama, načinu, vremenu i tehnici primjene) te prinosima i njegovoj kvaliteti (niti jedno od navedenog se ne odnosi na RH), kao i veće brige za okoliš. Uz redovnu analizu tla *Filozofija izgradnje i održavanja (SLAN)* još se uvijek preporuča, jer uzima u obzir uklonjene hranjive sastojke i druge gubitke hraniva iz tla (npr. [ispiranje, erozija, volatizacija, denitrifikacija i biološka, fizikalna i kemijska fiksacija](#)). Međutim, u lakim, pjeskovitim tlima s niskom sposobnosti zadržavanja hraniva u rizosferi često nije moguće postići određenu razinu opskrbljenosti tla pojedinim hranivima što se jednako odnosi i na koncept zasićenja tla baznim kationima.

Sa znanstvenog i ekonomskog stajališta *Koncept izgradnje i održavanja plodnosti*, kao i *Koncept zasićenja tla baznim kationima* smatraju se danas nedovoljno pouzdanim, jer oba pristupa preporučuju više gnojiva od potrebe usjeva. [Stoga suvremeni pristup gnojidbi preferira Koncept zahtjeva za hranjivim tvarima \(SLAN ili CNR\)](#) i smatra se da ovim pristupom kreirane gnojidbene preporuke osiguravaju potrebnu količinu hraniva, pod uvjetom da su granične vrijednosti utemeljene na dugotrajnim istraživanjima provedenim na različitim mjestima i koristeći različite sorte i prakse upravljanja. Potrebno je naglasiti da **SLAN** filozofija kreiranja gnojidbenih preporuka zahtijeva kontinuirana terenska istraživanja kako bi preporuke za gnojidbu pratile promjene u proizvodnji usjeva, osobito uzgoj novih kultivara i promjenu proizvodnih praksi.

[U jednoj ranijoj provjeri različitih filozofija kreiranja gnojidbenih preporuka pokazalo se da gotovo u svim slučajevima nije bilo veće razlike u prinosima](#), ali uvijek je bilo razlika u preporučenim dozama i vrstama gnojiva. To je rezultiralo velikim razlikama troška za gnojiva, a bez značajnije razlike u visini prinosa. Ispitivanja tla poduzeta na parcelama nekoliko godina nakon suviše visoke primjene gnojiva ukazivale su na to da su hraniva, osobito P i K sačuvana u tlu. [Visoka pozitivna korelacija između raspoloživosti fosfora i kalija i njihovo nepotrebno akumuliranje u našim tlima ukazuje na često prakticiranje „gnojidbe napamet“, bez kemijske analize](#). Stope gnojiva zasnovan na *Filozofiji dostatnosti hraniva (SLAN)* koštale su najmanje i proizvele ekvivalentne prinose u usporedbi s gnojidbom utemeljenoj na drugim filozofijama.

Najveći izazov za unapređenje gnojidbe je povećati njenu učinkovitost, odnosno povećati usvajanje elemenata ishrane i ujedno smanjiti njihov zaostatak i/ili gubitak u tlu. Naime, [lako pokretljivi oblici hraniva u tlu podliježu gubicima iz zone korijena u procesima ispiranja, volatizacije, denitrifikacije, kemijske, fizičke i biološke fiksacije](#), što se odnosi jednako na organska i mineralna gnojiva. Budući da biljke nikad ne usvoje sva aplicirana hraniva, jedan dio se neminovno *izgubi u okolišu* i predstavlja potencijalnu opasnost za tlo, vodu i atmosferu. Suvremena tehnološka rješenja za sprečavanje onečišćenja okoliša gnojivima su mnogobrojna, od postavljanja senzora hranjivih tvari u tlu, redovne kemijske analize i kontrole plodnosti tla, obaveznog poštivanja gnojidbenih preporuka pa sve do uporabe bioloških, sporodjelujućih, ali i [„pametnih gnojiva“](#) te digitalnih platformi/aplikacija za preporuku gnojidbe.

Agrotehnikom je moguće, manje ili više, utjecati na sve agroekološke čimbenike biljne proizvodnje, ali to nije često učinkovito, niti isplativo. Praktično, najviše se na povećanje prinosa može djelovati optimizacijom mineralne ishrane, uključujući i navodnjavanje u agroekološkim regijama s manjkom vode. Važno je naglasiti da učinkovita zaštita usjeva utječe na očuvanje prinosa, ali ga i najučinkovitija zaštita od bolesti i štetnika ne može povećati. [Stoga je „optimizacija gnojidbe“ najčešće korištena sintagma koja podrazumijeva poznavanje plodnosti tla, a to nije samo razina raspoloživih hraniva u tlu već složen kompleks kemijskih, fizikalnih i bioloških svojstava tla te njihovih međusobnih interakcija u korelaciji s potrebama biljke tijekom vegetacije](#).

U ishrani bilja u povećanju prinosa se gotovo dva stoljeća oslanja na „[Zakon minimuma](#)“ (Carl Philipp Sprengel ~1830. i poznatiji Justus von Liebig 1855.) koji kaže: *visina prinosa ograničena je faktorom u minimumu*. Premda „[Zakon minimuma](#)“ dobro objašnjava porast priroda, on promatra povećanje prinosa linearno, a djelovanje pojedinih faktora na prinos neovisno. Stoga je *Zakon minimuma* doživio transformaciju već 1895. (Georg Liebscher) u „[Zakon optimuma](#)“ koji ukazuje na činjenicu kako faktor u minimumu jače negativno djeluje kad su ostali faktori prinosa bliži optimumu. [Pojednostavljeno, to znači da je za najviši mogući prinos, odnosno najveću pozitivnu reakciju biljaka na inpute, neophodno provesti adekvatnu i kompletnu agrotehniku, uključujući i management](#). Dakle, dobro postaje sve bolje, a neke najbolje prakse upravljanja koštaju malo ili nimalo novaca.

Takav koncept kreiranja gnojidbenih preporuka zahtijeva identifikaciju svih ograničenja porasta prinosa adekvatnim dijagnostičkim postupcima i njihovu klasifikaciju temeljem vrste i stupnja izazvanog stresa kako bi se moglo definirati i prakticirati najučinkovitije upravljanje biljnom proizvodnjom. Naime, kad uvjeti uzgoja omogućavaju ekspresiju genetskog potencijala, prinos i kvaliteta bit će maksimizirani, [ali to se u praksi vrlo rijetko događa zbog ograničenja](#) koja generiraju klimatski ekscesi, sociološki, ekonomski i tehničko-tehnološki nedostaci (uključujući i nedostatak znanja). I kad su dijagnosticirana agroekološka ograničenja može se postići profitabilnija i veća biljna proizvodnja uređenjem tla, uz bolju opskrbu vodom, adekvatnu agrotehniku i izbor biljnih vrsta i njihovih kultivara i učinkovitiju mineralnu ishranu za što je potrebna redovita analiza tla i biljaka i [pouzdana gnojidbena preporuka](#). Također, [uzorak tla mora dobro reprezentirati proizvodnu parcelu, jer od toga ovisi točna dijagnoza stanja plodnosti](#) i pravilna interpretacija rezultata, odnosno pouzdana gnojidbena preporuka s prijedlogom agrotehničkih zahvata i mjera koje treba provesti. Na žalost, podaci o plodnosti tla i njegovim produktivnim svojstvima, uključujući limitirajuće *abiotske* (klimatski, edafski i orografski), kao i *biotske* (unutarnje) faktore, još uvijek su veoma ograničeni u mnogim razvijenim zemljama, uključujući i RH. Budući da efikasna primjena svih relevantnih podataka u biljnoj proizvodnji mora pored agronomskog (tlo, klima, biljka i agrotehnika), uključiti i sociološko-ekonomske i tehničko-tehnološke aspekte, [neophodno je uspostaviti učinkovit sustav kontrole plodnosti tla](#).

[Metodologija prikupljanja podataka i analiza tla i biljaka mora biti osmišljena tako da omogućuje brzu i pouzdanu identifikaciju kritičnih točaka u biljnoj proizvodnji te uključivati daljinske dijagnostičke metode analize poljoprivrednog zemljišta \(npr. sateliti, dronovi, senzorska detekcija u realnom vremenu potrebe za N-prihranom, navodnjavanjem zaštitom usjeva itd.\)](#). Zatim, neophodno je hitno definiranje kritične razine biogenih elemenata u tlu i biljkama tijekom vegetacije, kao i njihovu povezanost s agronomskim i biološkim prinosom, [jer samo temeljem takvih informacija moguće je kreirati pouzdanu gnojidbenu i agrotehničku preporuku](#).

[Suvremeni trendovi u filozofiji \(strategiji\) gnojidbe pokušavaju zamijeniti visoko intenzivnu proizvodnju hrane učinkovitijim sustavom što zahtijeva poznavanje i uključivanje većeg broja različitih indikatora u određivanju potrebe za gnojidbom, kako u agrotehničkom aspektu, tako i u primjeni gnojiva](#). Znanstveno-stručni temelji utvrđivanja potrebe za gnojidbom vrlo su opsežni i nadasve multidisciplinarni te ih nije moguće sažeti niti jednostavno prikazati. Za bolje razumijevanje tako složene problematike može pomoći autorov popis 50 pravila u knjizi [Filozofija gnojidbe](#) za kompjutorsku interpretaciju kemijske analize tla i dopunskih informacija neophodnih za utvrđivanje potrebe u gnojidbi ALR_{xp} kalkulatorom, kako to radi autor ovog teksta.

U Osijeku, 20. siječnja 2021. god.