

## Metode za procjenu opskrbljenosti dušikom

Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović

Utvrđivanje raspoloživosti biljnih hraniva, odnosno njihove količine koje biljke mogu usvojiti iz tla, temelji se na primjeni vrlo velikog broja različitih analitičkih metoda koje pored analize tla obuhvaćaju biljnu tvar (svježu ili suhu u različitim etapama razvitka i žetvi). [Pored kemijske analize tla i biljaka ponekad se koriste i mikrobiološke metode radi procjene intenziteta mineralizacije organske tvari tla, kao i biokemijsko-fiziološke metode analize pojedinih biljnih funkcija](#) (npr. enzimatska aktivnost, fotosintetski pigmenti i dr.), a znatno rjeđe, uglavnom zbog visoke cijene i dugog vremena provođenja, vegetacijski pokusi (u poljskim ili nadziranim uvjetima). U posljednje vrijeme sve su više prisutne metode kompjutorske simulacije za utvrđivanje različitih potreba biljaka, uključujući gnojidbu i zaštitu, zatim daljinska istraživanja stanja usjeva (npr. sateliti, dronovi, senzorska detekcija u realnom vremenu, npr. potrebe za N-prihranom, itd.).

Važno je naglasiti da [svaka metoda uvodi objektivnan pristup u utvrđivanju potreba za gnojidbom](#), ali zbog velikog broja indikatora plodnosti tla, veoma često i njihove izražene promjenjivosti tijekom vegetacije (po vremenu i dubini tla), uključujući i sve agroekološke i tehnološke aspekte biljne proizvodnje rezultati analize, samo približno ukazuju na stvarnu potrebu uzgajanih biljaka. [Također, poljoprivrednici najčešće nisu u mogućnosti zahtijevati analizu određenom metodom jer je izbor ograničen mogućnostima, odnosno opremljenosti laboratorije, standardizacijom i/ili propisima koji navode subvencionirane metode za određenu državu i/ili regiju, ne razumiju, ili im nema tko rezultate analize rastumačiti, odnosno preporučiti što treba poduzeti i dr.](#)

[Nabrojana ograničenja vezana uz metodologiju procjene potreba biljaka najizraženija su kad je u pitanju dušik i njegova trenutna](#), kao i raspoloživost tijekom vegetacije, posebice za biljke čija je vegetacija dulja, odnosno proteže se kroz više godišnjih doba. Naime, premda je s agronomskog i ekološkog aspekta, u odnosu na sve druge neophodne elemente ishrane, značaj dušika najveći, većina standardnih testiranja tla uključuje samo humus i mineralne oblike (amonijski i nitratni N), veoma rijetko ukupni N, a osim EUF metode ne nudi se niti analiza *labilne frakcije organskog dušika*. [Razlozi za to su brojni, od toga da ne postoji široko prihvaćena metoda za utvrđivanje mineralizacijske sposobnosti organske tvari u tlu, pa sve do visoke cijene takvih analiza.](#)

Unazad nekoliko desetljeća iskušavan je velik broj metoda za procjenu mineralizacijske sposobnosti tla, a mnoge su provjeravane, pa i serijski rađene osamdesetih i devedesetih godina za naše agroekološko područje (ist. Hrvatska) u laboratoriju [Zavoda za agrokemiju](#) Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku. Tada su dobiveni veoma [korisni podaci o potencijalu mineralizacije dušika koji su iskorišteni za unapređenje gnojidbe dušikom tako da su zakonitosti N-mineralizacije ugrađene u vlastite kompjutorske programe za utvrđivanje potrebe u gnojidbi.](#)

Od istraživanih metoda za procjenu N-mineralizacije organske tvari tla temeljito (više tisuća uzoraka, u više godina, na 6 lokacija u Baranji, svakih 10 dana tijekom vegetacije šećerne repe) je ispitana [metoda utvrđivanja lakohidrolizirajućeg dušika](#) kao pokazatelj mogućnosti mineralizacije organskih rezervi tla. Metoda se temelji na hidrolizi organske tvari tla ( $16-18^{\circ}\text{C}$  na sobnoj temperaturi) u razblaženoj sulfatnoj kiselini ( $0,25\text{ mol dm}^{-3}$ ), a hidrolizom izdvojeni *aminski* i *amidni* dušik reduciraju se do amonijskog uz pomoć *Devard-ove legure* te se destilacijom utvrdi količina *lakohidrolizirajućeg dušika* koji se zatim predestilira u predložak s kiselinom i titracijom utvrdi količina mineraliziranog N. Tla čija je N-mineralizacijska sposobnost bila veća od  $6,0\text{ mg N}$  u  $100\text{ g}$  tla nisu pokazivala reakciju na N-gnojidbu, od  $4,5 - 6,0\text{ mg}$  reakcija je bila slaba, a pri  $<4,5\text{ mg N}/100\text{g}$  tla su pokazivala jaku reakciju na N-gnojidbu.

Mineralizirajuća sposobnost tla, ili [potencijal mineralizacije](#), za područje Baranje (~1000 uzoraka) provjeravana je [metodom inkubacije](#). Prvih 14 dana uzorci nativnog tla drže se na sobnoj temperaturi u anaerobnim uvjetima (bez prisustva kisika) kako bi se utvrdila *amonifikacijska sposobnost tla* (analiza amonijskog N), a zatim 14 dana u uvjetima prirodne atmosfere (prisustvo kisika) za utvrđivanje *nitifikacijske sposobnosti tla* (analiza nitratnog N). [Ispitivanjima Fallera i dr. metodom aerobne inkubacije od 14 dana,](#)

[gotovo 1.000 uzoraka različitih tipova tala Baranje, utvrđena je prosječna mineralizacija od 44,8 ppm N ili oko 130 kg N ha<sup>-1</sup> pri čemu nije utvrđena pouzdana korelacija između sadržaja humusa i intenziteta mineralizacije.](#)

Dakle, predviđanje rate N-mineralizacije često ne daje dobre rezultate u procjeni sposobnosti tla kao izvora mineralnog dušika, upravo zbog velikog broja čimbenika koji utječu na rad mikroorganizama. Autori istraživanja su smatrali da baranjska, vrlo intenzivno korištena tla, sadrže znatnu količinu *rezidualnog dušika* (zaostalog iza prethodnog usjeva) kojim mikroorganizmi zadovoljavaju najveći dio svojih potreba.

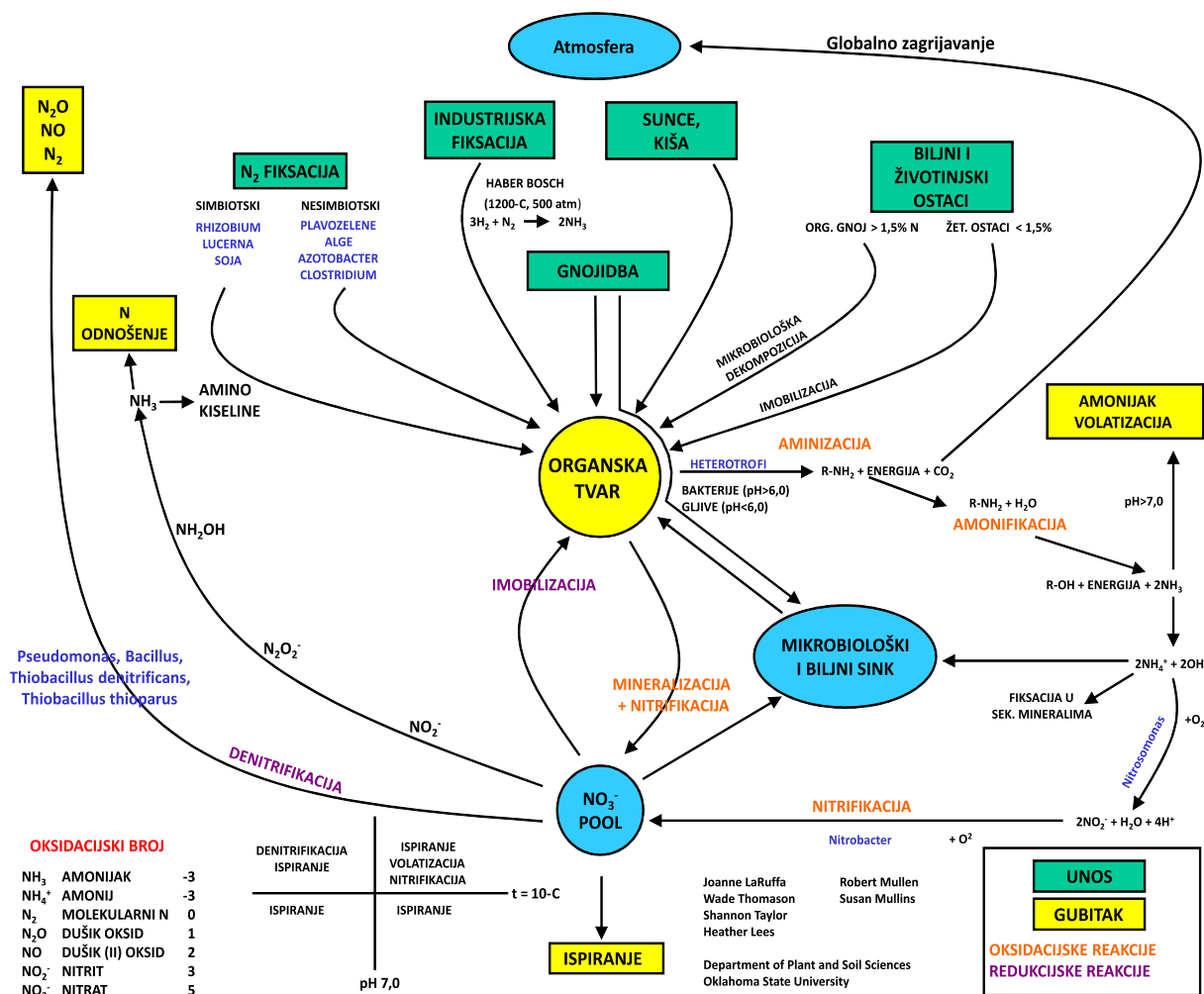
U devedesetim u [Zavodu za agrokemiju](#) široko je korištena *EUF metoda* (Nemeth, K., 1976) temeljem analiza rađenih u šećerani Branjin Vrh, a tijekom domovinskog rata analize su rađene u slovenskoj šećerani u Ormož. [Metodologija EUF metode je veoma sofisticirana](#) (standardni, mikroprocesorski kontrolirani EUF ekstraktori) te provjerena u velikom broju europskih tvornica šećera. [Standardno se raspoloživost hraniva EUF metodom obavlja u dvije frakcije](#), uvijek pri istom naponu i jakosti struje: prva kod 200 V, 15 mA i 20°C za prvih 30 minuta ekstrakcije, dok se *mobilne rezerve* određuju kod 400 V, 150 mA i 80°C u narednih pet minuta. Ovom metodom istovremeno se određuje raspoloživost P, K, N-NO<sub>3</sub>, N-NH<sub>4</sub>, mikroelemenata (Fe, Mn, B, Zn, Cu, *aktivne*, odnosno *selektivno vezujuće gline*, *niskomolekularne frakcije dušika* (EUFN<sub>org</sub>), Al itd. Organska, niskomolekularna frakcija tla čini prosječno 1-3 % ukupnih organskih rezervi tla i budući da samo ona podliježe mineralizaciji, predstavlja mobilnu rezervu dušika tla, te omjer između EUFN<sub>org</sub>/EUFN<sub>NO<sub>3</sub></sub> karakterizira intenzitet mineralizacije dušika, odnosno mikrobiološku aktivnost tla.

Nakon uvođenja [N<sub>min</sub> metode](#) na području ist. Hrvatske od strane [Zavoda za agrokemiju](#) (ostali dio Hrvatske tek ju rijetko i sporadično koristi), vrlo brzo su napuštene druge metode za utvrđivanje potrebe biljaka za dušikom. Razlog je prije svega u veoma promjenjivom intenzitetu transformacije organskog do mineralnog dušika u tlu, koji ovisi od aktivnosti živih mikroorganizama, dok rezultati N<sub>min</sub> metode upućuju na trenutnu i izravnu količinu raspoloživog dušika u tlu. Budući da su prethodno opisane metode za procjenu mineralizacijske sposobnosti tla spore, skupe i često nedovoljno pouzdane, do uvođenja N<sub>min</sub> metode N-gnojidba se temeljila uglavnom na iskustvu i rezultatima malobrojnih višegodišnjih poljskih pokusa pri čemu se polazilo od najnepovoljnijeg slučaja, te su se vrlo često, primjenjivale prevelike količine dušika.

Ipak, i danas u suvremenoj poljoprivredi, postoji veliki broj pokušaja da se [intenzitet mineralizacije organske tvari kvantitativno procijeni kako bi se primijenila adekvatna količina N](#). Naime, organska tvar tla, odnosno njen lako mineralizirajući dio, za razliku od metoda koje utvrđuju mineralne, vrlo promjenjive oblike N, ukazuje na mogućnost opskrbe biljaka potencijalno dostupnim dušikom u narednom, duljem dijelu vegetacije. Pomoću meta-analize objavljenih podataka (Ros i dr., 2011) zaključeno je da organske frakcije N ekstrahirane različitim metodama koreliraju prosječno s 47 % mineraliziranog N, a da od spojeva koji čine organsku tvar u tlu, proteini predstavljaju daleko najveći izvor organskog N u tlu. Također, zaključeno je da *depolimerizacija* ([aminizacija](#) ili *dekompozicija proteina* do aminokiselina), a ne *amonifikacija* (izdvajanje amonijskog N iz aminokiselina), ograničava brzinu N-mineralizacije organske tvari tla. Stoga se trenutno intenzivno radi na metodi ekstrakcije proteina tla otopinom natrijevog citratnog pufera, tzv. tehnika ekstrakcije glomalina (*GRSP; Glomalin-Related Soil Protein*), proteina tla koji vjerovatno proizvode [arbuskularne mikorizne gljive](#) u velikim količinama (što još uvijek nije dokazano).

I na kraju, najpouzdanija metoda za određivanje stvarnih potreba za gnojibom, posebice dušikom, još uvijek su gnojidbeni vegetacijski pokusi. Ako se oni provode dovoljno dugo na konkretnom agroekološkom području, na tlima različitih kemijsko-fizikalno-bioloških svojstava, a postavljeni su tako da daju odgovore vezane uz primjenu gnojiva (utjecaj pojedinog elementa i njihov uzajamni utjecaj na visinu prinosa pojedinih kultivara, kvalitetu uroda, djelovanje doze, vremena unošenja i slično), tada predstavljaju moćno sredstvo za povećanje rodosti svake poljoprivredne biljne vrste i njezinog kultivara. Naime, porast prinosa pokušava se pouzdano predvidjeti tzv. biološkim ili prirodnim zakonima, ali su oni redom izvedeni na temelju statističke analize i vrijede samo onoliko koliko se i precizno može definirati djelovanje nekog faktora rasta, odnosno prinosa. Stoga analiza tla pomaže u procijeni količine hraniva koju biljke mogu usvojiti iz tla, a analize biljne tvari koliko hraniva biljke moraju usvojiti da bi postigle određeni ili željeni prinos. Problem je to složeniji što potrebna količina hraniva primijenjena gnojibom znatno varira ovisno od biljne vrste, sorte ili hibrida, stadija

razvoja, vremenskih uvjeta, svojstava tla, mikrobiološke aktivnosti itd., odnosno dinamike svih raspoloživih hraniva u tlu, bez obzira na njihov izvor (Slika 1.).



Slika 1. Ciklus dušika (Oklahoma State University)

U Osijeku, 1. kolovoza 2018.