

Najvažnije o dušiku u tlu i biljkama

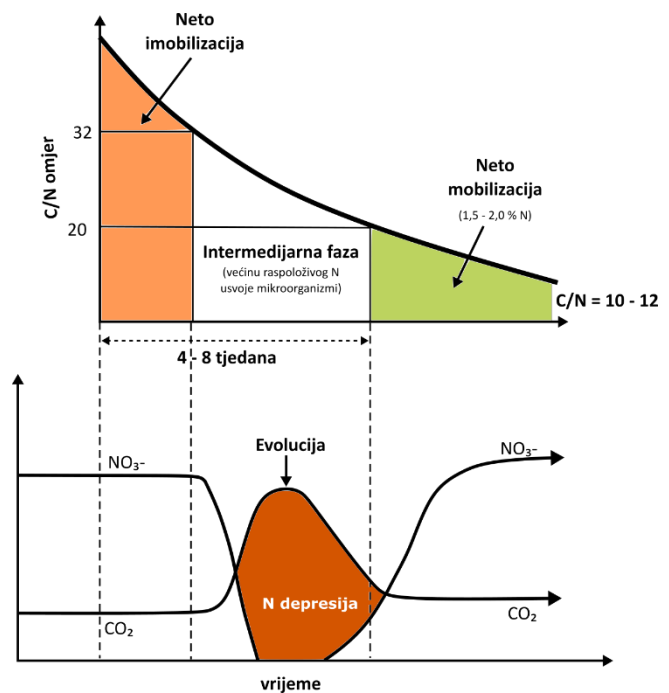
Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović

Dušik se najčešće, ali opravdano, smatra najznačajnijim neophodnim (biogenim, esencijalnim) elementom biljne ishrane i gnojidbe. Razloga za takav stav ima više, ali ne treba zaboraviti da bez ijednog od 17 neophodnih elemenata biljke ne mogu završiti svoj životni (reproduktivni) ciklus pa su u fiziološkom smislu svi jednako važni. U agrokemijskom pogledu, dušik je svakako prvi i najznačajniji element, premda ima i razmišljanja kako su u biljnoj proizvodnji sva tri glavna elementa ishrane, dušik (N), fosfor (P) i kalij (K), jednako značajni. Naime, bez fosfora i njegove uloge u metabolizmu i nasljeđivanju, ili kalija, koji regulira vodni režim i biljke usvajaju u prosijeku koliko i dušika, život ne bi postojao, ili bi izgleda potpuno drugačije od ovog kojeg poznamo na Zemlji.

Za razliku od većine biogenih elemenata koji su u tlo dospjeli u procesu formiranja tla iz matične stijene (*pedogeneza*), dušik je podrijetlom iz atmosfere (kao i ugljik te dijelom sumpor), ali ga biljke u najvećem dijelu usvajaju u mineralnom obliku te se svrstava u grupu mineralnih elemenata (za razliku od ugljika (C), kisika (O) i vodika (H) koji čine grupu organogenih elemenata). Dušik je sastavni dio bjelančevina i nukleinskih kiselina (koji čine osnovu života) te fotosintetskih pigmenata, amina, amida i mnogo drugih spojeva pa se kemija ovog elementa opravdano smatra najvažnijim dijelom *agrokemije*, odnosno *ishrane bilja*. Samo mali broj biljaka može koristiti plinoviti dušik (N_2) iz atmosfere (gdje ga ima 78,1 % volumno ili 75,51 % po masi, odnosno ukupno $3,8 \times 10^{15}$ t, ili $86,5 \text{ t ha}^{-1}$). Za prevođenje molekularnog oblika dušika do amonijaka ili nitrata (u tlu su oba o prevalentno u ionskom obliku, u kojem ih obliku biljke usvajaju), potrebna je ogromna količina energije (946 kJ), što je otprilike polovica ukupne energije utrošene u biljnoj proizvodnji.

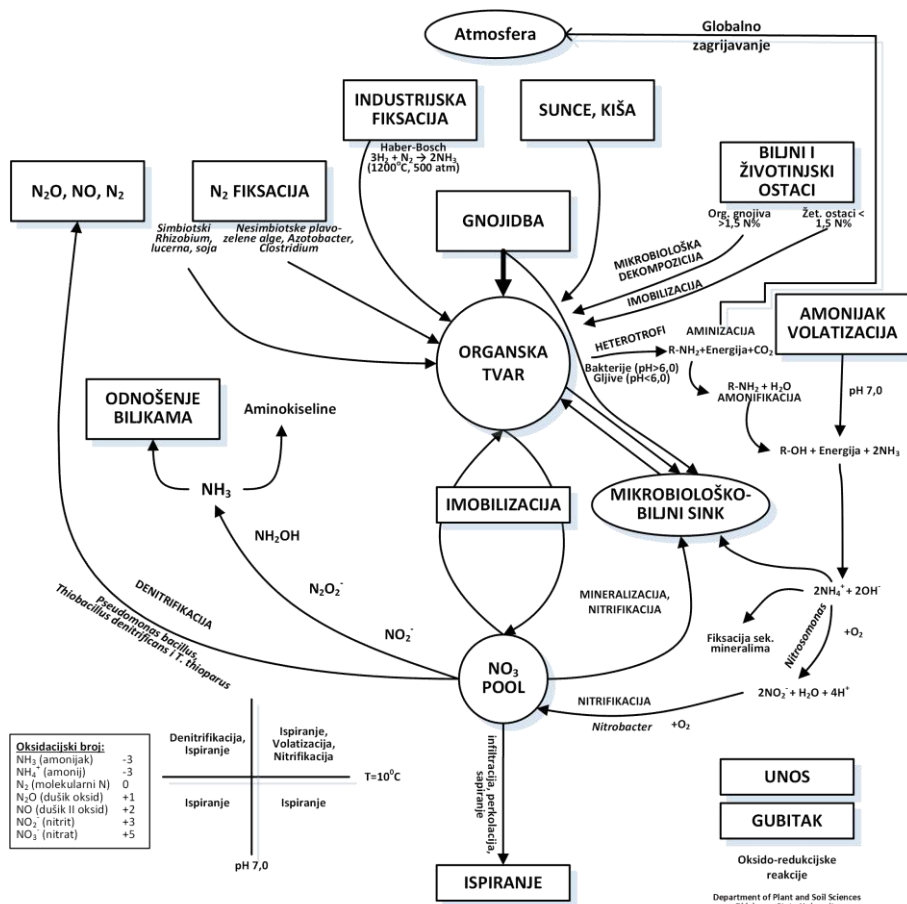
Ukupna količina dušika u svim tlima na Zemlji procjenjuje se na 4×10^{14} tona, ali je njegova mineralna količina, koje biljke mogu asimilirati, vrlo promjenjiva jer ga lako i brzo usvajaju najprije mikroorganizmi, korovi, a zatim usjevi/nasadi. Nitratni ion (NO_3^-) se lako ispire iz tla ili se u kiselim uvjetima ($pH \leq 5$) gubi (*denitrifikacija*) u plinovitom obliku (N_2 ili NO_x), a amonijski oblik (NH_4^+) može ispariti, posebice iz suhog tla pri $pH \geq 7$ (*volatilizacija*). Važno je naglasiti kako je dinamika dušika vrlo ovisna o sustavu uzgoja, unutar kojeg treba i

potražiti mogućnosti za optimizaciju efikasnosti N-gnojidbe, jer je ciklus dušika najuže povezan s prometom organske tvari u tlu. Dakle, dušik je vrlo pokretan i reaktivan element koji prolazi kroz mnoge složene transformacije (Slika 2.), imobilizacije i mineralizacije, a lako se i brzo vraća u molekularno stanje u kojem je najstabilniji, te mu je bioraspoloživa količina vrlo promjenjiva, kako u vremenu, tako i po dubini profila. Stoga je podešavanje gnojidbe dušikom vrlo težak zadatak, jer pored složenog ciklusa transformacija i reaktivnih svojstava, dušik se primjenjuje u mnogim oblicima, kao mineralna i/ili organska gnojiva, žetveni ostaci, zelena gnojidba, malčevi i dr., a mikroorganizmi i biljke ga usvajaju u velikoj količini te je podložan ispiranju i plinovitim gubicima u atmosferu. Osim što dušik prolazi kroz mnoge transformacije u tlu, između pojedinih elemenata biljne ishrane prisutni su sinergistički i/ili antagonistički odnosi. Npr. pri manjku kalija više će usvojiti dušika, amonijski ion (NH_4^+) smanjuje usvajanje nitrata (NO_3^-) itd. Također, metabolizam dušika je veoma složen i čvrsto povezan s metabolizmom ugljika i rastom biljaka, regulacijom pH i asimilacijom drugih iona na razini stanice i cijele biljke pa poremećaj



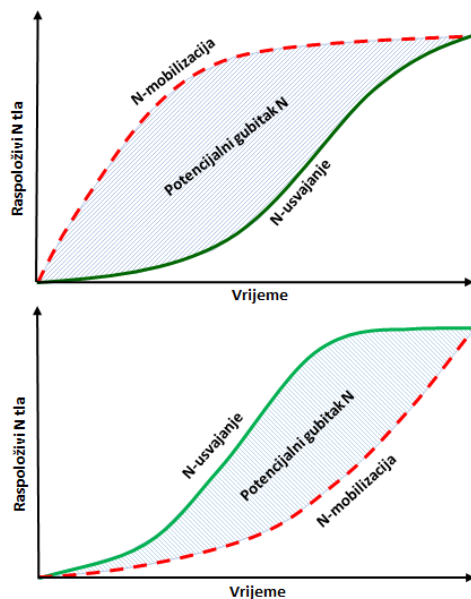
Slika 1. Promjena C/N omjera i koncentracije nitrata kod razgradnje biljnih ostataka u tlu (Raiković, 1981.)

metaboličkih tokova dušika u biljci ima dalekosežni utjecaj na metabolizam dušika, razvoj i fenotip (izgled biljaka), uključujući promjene u korijenskoj arhitekturi, cvjetanju i sazrijevanju.



Slika 2. N-ciklus u prirodi i tlu (Department of Plant and Soil Sciences Oklahoma State University)

Najveći dio dušika tla vezan je u organskoj tvari (95 - 99 %) pa ga tlo sadrži relativno malo, tek 0,1 - 0,3 % N_{ukup}, čija je mogućnost mineralizacije (mikrobiološke transformacije do N-NH₄ ili N-NO₃) u jednoj vegetacijskoj sezoni mala i veoma promjenjiva. Temeljem mnogobrojnih rezultata analiza tla, N-mineralizacija organske tvari tla najčešće je 1 - 3 % god⁻¹, ili za agroekološko područje ist. Hrvatske to prosječno iznosi 40 - 60 kg N ha⁻¹ god⁻¹. Brzina kojom se organska tvar tla razgrađuje neprestano se mijenja, jer je kontrolirana nizom međudjelovanja između humusa (njegove količine i kakvoće), ostataka usjeva, zastupljenosti i aktivnosti mikroba, vlažnosti i temperature, pH tla, općenito plodnosti tla, poljoprivredne prakse i dr. Potrebno je naglasiti, da organski ostaci (uključujući organska gnojiva i siderate) sadrže široki omjer C/N, odnosno relativno malo dušika, često < 1 %, pa sav oslobođeni N usvajaju prvo mikroorganizmi (Slika 1., tzv. biološka fiksacija N). Tako izazvan prolazni nedostatak dušika naziva se dušični manjak ili dušična depresija. Stoga je potrebno izbjegavati zaoravanje bilo kakve organske tvari neposredno prije sjetve, ili u suprotnom, potrebno je istovremeno unijeti u tlo i potrebnu količinu dušika za mineralizaciju da se omjer C/N dovede na poželjnu razinu (Slika 1.). Potrebna količina dušika za mineralizaciju žetvenih ostataka različita je za pojedine usjeve, ovisno o njihovom C/N/P omjeru.



Slika 3. Brzina mineralizacije organske tvari u tlu i potreba za N.

Mineralizacija organske tvari s niskim omjerom C/N može osloboditi N brže od potrebe (gore), a uz široki omjer C/N organske tvari mineralizacija nije dovoljno brza da zadovolji N-potrebu usjeva (dolje).

Zbog nedovoljne količine raspoloživog dušika u tlu iz procesa *mineralizacije organske tvari* (koja se događa samo u toplijem dijelu godine) i *rezidualnog* (zaostalog) mineralnog dušika iz prethodne gnojidbe ili *simbiotske* kao i *nesimbiotske N-fiksacije* (Slika 2. i 4.), u suvremenoj poljoprivrednoj proizvodnji gnojidba dušikom nezamjenjiva je i neizostavna agrotehnička mjera. [Agronomska efikasnost dušika](#) (iskoristivost gnojidbom) u prosjeku je ~50 %, ali kod primjene većih doza efikasnost N-gnojidbe može biti tek 30 %, posebice na tlima lakše teksture i pri većoj količini oborina. Zbog gubitka primijenjenog N od 50 - 70 % na različite i često neutvrđene načine, uobičajeno negativnu bilancu dušika tla veoma je teško točno definirati (Tablica 1.).

Složena priroda kruženja dušika u prirodi i tlu često je uzrok pogrešaka u N-gnojidbi (uključujući osnovnu, startnu i N-prihrane) te biljke imaju na raspolaganju ili suviše (tzv. *luksuzna N ishrana*), ili pak premalo dušika. Rizik pogrešne N-gnojidbe može se svesti na prihvatljivu mjeru laboratorijskom kemijskom analizom tla i biljaka, izbjegavajući neproverene preporuke/metodologije, povodeći se za većinom drugih poljoprivrednika i sl. Također, u nedostatku vremena od velike pomoći mogu biti i polukvantitativne, [brze test metode](#), jer laboratorijske metode često zahtijevaju više vremena zbog uzimanja, pripreme uzoraka i provođenje analize.

Tablica 1. Primjer bilance dušika u tlu (EU prosjek)		
n	Dotok N u tlo	kg N ha ⁻¹ god ⁻¹
1.	Mineralna gnojidba	60,0
2.	Organska gnojidba	40,0
3.	Simbiotna fiksacija	10,0
4.	Nesimbiotna fiksacija	6,8
5.	Kiša i navodnjavanje	5,3
6.	Unos sjemenom	1,3
	Ukupno dobitak:	123,4
n	Gubitak N iz tla	kg N ha ⁻¹ god ⁻¹
1.	Odošenje žetvom	120,0
2.	Erozija	27,4
3.	Ispiranje	26,1
4.	Denitrifikacija i volatilizacija	?
	Ukupni gubitak:	173,5
	Bilanca:	-50,1



Slika 4. Simbiotna N-fiksacija kvržičnim bakterijama na korijenu leguminoza (*Rhizobium* spp.)

Prekomjerna (*luksuzna*) primjena dušičnih, kao i svih NPK gnojiva, prouzrokuje i niz ekoloških i zdravstvenih problema, od kojih svakako treba istaći *eutrofikaciju voda*, gubitak biološke raznolikosti, nedopuštene količine nekih elemenata u hrani i pitkoj vodi, globalno zatopljenje i oštećenje ozonskog omotača. Štetni utjecaj prekomjerne gnojidbe podjednako se događa kako u razvijenim tako i u slaborazvijenim zemljama, uglavnom [zbog neorganiziranosti države i neznanja proizvođača](#). [Potrebno je naglasiti kako su troškovi saniranja ekološkog onečišćenja okoliša iznad dodane vrijednosti zbog gnojidbe dušikom](#).

Suvišak dušika u tlu rezultira intenzivnim porastom vegetacijskih organa i tamnijom, odnosno modrozelenom bojom lišća uz više negativnih (agronomskih, ekonomskih i ekoloških) posljedica. Npr. strna žita jače busaju, stvaraju preveliku masu lišća na štetu merkantilnog dijela (manji žetveni indeks uz veću biomasu, ali smanjen prinos), biljke imaju slabije razvijen korijen i kasnije sazrijevaju, dok im je mehaničko tkivo slabo pa lako poliježu. Općenito, usjevi su neotporni na bolesti, štetnike i sušu, dok su npr. šećerna repa i pivarski ječam osjetno slabije kakvoće. Također, u uvjetima [kad drugi čimbenici ograničavaju rast i tvorbu prinosa \(npr. suša, hladnoća, nedostatak fosfora, cinka i dr.\)](#), [pokušaj korekcije rasta usjeva N-prihranom najčešće je kontraproduktivan](#).

Nedostatak dušika depresivno utječe na razvoj usjeva i sniženje prinosa. Rast je zaustavljen ili smanjen, lišće postaje *klorotično* jer nedostatak N ograničava sintezu proteina i klorofila, pada intenzitet fotosinteze i tvorbe ugljikohidrata što konačno rezultira ubrzavanjem i skraćivanjem vegetacijskog ciklusa (rano cvjetanje i prerana žetva, odnosno berba). Činjenica je kako biljke brzo reagiraju na primjenu dušika, međutim nedostatak dušika u ranim razvojnim stadijima obično se ne može ispraviti njegovom kasnijom primjenom.

Stoga je adekvatna, precizna i [efikasna primjena N-gnojiva, kao i njihov izbor](#), ključ za profitabilnu biljnu proizvodnju koja se u razvijenim poljoprivredama jasno vidu kao trend snižavanja gnojidbenih doza uz porast prinosa i njegove kakvoće. Intenzivnim informiranjem uz jači nadzor u proizvodnji hrane i izravnu, brzu i lako dostupnu stručnu pomoć, kao što su savjeti, analiza tla i [gnojidbene preporuke, daljinski optički monitoring stanja usjeva](#) (sateliti, dronovi, portabl uređaji), kalibracijski pokusi za standardizaciju gnojidbe i dr., kako bi naši poljoprivrednici razumjeli i prihvatili [suvremenu gnojidbu](#) te počeli uvažavati ekonomske, socijalne i ekološke principe, odnosno [temeljna načela suvremenog koncepta gnojidbe](#) tla i biljaka: 1) primjena potrebnog hraniva, 2) njegove adekvatne doze, 3) u pravo vrijeme, 4) na pravo mjesto i uz 5) pravu cijenu.

U Osijeku 28. ožujka 2018.