

Nova paradigma mineralizacije organske tvari u tlu

Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović

Količina dušika koja se oslobodi iz organske tvari tla u procesu mineralizacije tijekom godine može biti značajna s aspekta ishrane bilja i u povoljnim uvjetima iznosi do $1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dan}^{-1}$. Stoga je dobra procjena potencijala N-mineralizacije (pN_{min}) nekog tla vrlo korisna, ali pouzdanost metodologije često je vrlo upitna. Naime, na taj proces utječe niz *abiotičkih* (kemijska i fizikalna svojstva tla, npr. pH, vlažnost i temperatura tla, raspoloživost elemenata ishrane, vrsta i kemijski sastav organske tvari, njen C/N omjer i dr.) i *biotskih činitelja* (brojnost i vrsta mikroorganizama). Do sada je razmatran velik broj metoda i modela od *kemijskih i inkubacijskih* (koje imitiraju prirodne uvjete mineralizacije organske tvari) te velik broj simulacijskih modela i vrlo složenih proračuna, ali i relativno jednostavnih, koji mogu poslužiti za orijentaciju, npr.:

$$N_t = N_0 \{1 - \exp(-k_{Nt})\}$$

N_t = iznos mineralizacije N-NH₄ i N-NO₃ u vremenu;

t = tjedni;

N_0 = ne mineralizirani dio dušika (g g^{-1} tla);

k_N = temperaturno ovisna konstanta $3,08 \times 10^{-4} (Q_{10}^{0,1T})$ u kojoj $Q = 2$, $k_N = 3,08 \times 10^{-4} (2^{0,1T})$.

Utjecaj potencijala vlažnosti tla (Ψ) na konstantu k_N može se opisati sljedećim izrazom:

$$\frac{k_N}{k_{N(-10)}} = 1,4 - \frac{\ln(-\Psi)}{5,7}$$

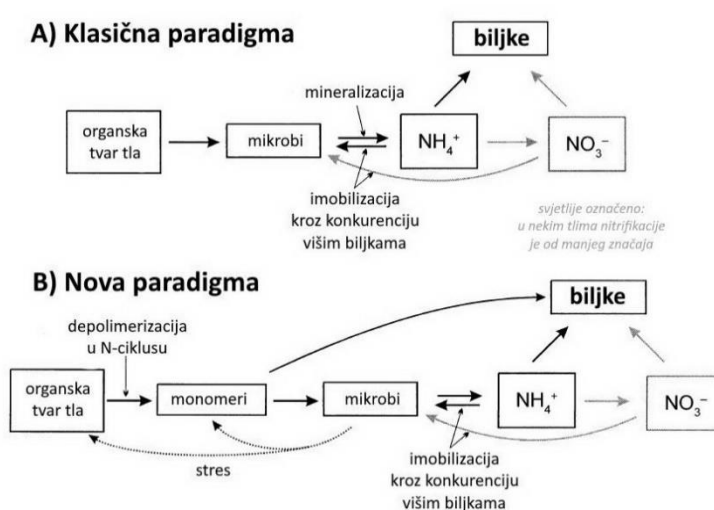
$k_{N(-10)}$ = potencijal vlažnosti kod poljskog kapaciteta tla za vodu (-10 J kg^{-1}) $\times (\text{J kg}^{-1} = 10^3 \text{ Pa} = 10^{-2} \text{ bar})$.

Prema gornjim izrazima za područje istočne Hrvatske može se očekivati prosječno $\sim 50 \text{ kg N ha}^{-1}$ mjesečno na humoznim tlima koja sadrže 0,2 % ukupnog dušika, kod temperature tla od 15°C (ljetni mjeseci), punog poljskog vodnog kapaciteta i mase oraničnog sloja od $3 \times 10^6 \text{ kg ha}^{-1}$. Međutim, vlaga tla i sadržaj ukupnog dušika su rijetko tako povoljni pa kad se uzme prosječna tenzija vlažnosti tla od 7,5 bara ($K_N = -750 \text{ kPa} = 0,239$) i koncentracija $N_{ukupni} = 0,1 \%$, očekivana mineralizacija pada na manje od 6 kg N ha^{-1} mjesec⁻¹ pri temperaturi tla od 15°C. Stoga bi za cijelu godinu u realnim uvjetima, odnosno kod tenzije vlažnosti od 7,5 bara, $N_{ukupni} = 0,1 \%$ i prosječne temperature tla od 10°C bruto mineralizacija iznosila oko $53 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$, što se može smatrati približnom procjenom kapaciteta mineralizacije za šire područje Osijeka.

Navedene vrijednosti pN_{min} , odnosno potencijala N-mineralizacije, prema suvremenim istraživanjima i saznanjima, mogle bi u određenim okolnostima biti i veće. Naime, donedavno je postojao uobičajeni prikaz ciklusa dušika u prirodi temeljem dvije pretpostavke:

1) Biljke koriste samo mineralni dušik i loši su konkurenti mikrobima. Naime, donedavno se smatralo kako biljke usvoje samo mineralni (amonijski i nitratni) dušik koji preostane nakon podmirenja potrebe mikroorganizama. Time je kruženje N u tlu podijeljeno na mikrobnu razgradnju i usvajanje biljnim korijenom, a ta dva procesa povezuje tzv. *neto N-mineralizacija*, odnosno mineralni N koji usvoje biljke nakon mineralizacije organske tvari tla.

2) Suvremena istraživanja su pak nedvojbeno utvrdila da između ta dva dijela procesa *N-mineralizacije* organske tvari egzistira proces depolimerizacije polimera uz pomoć izvan staničnih enzima (*egzoenzimi*) koje izlučuju mikroorganizmi, više biljke korijenom i mikorizne gljive. Budući da izlučeni stanični enzimi



Slika 1. Klasična i nova paradigma N-ciklusa u tlu

[nisu više pod izravnom metaboličkom kontrolom, efikasnost usvajanja mineralnog N mikroorganizmima može biti pomjerena u korist biljaka.](#)

Mineralizacija organskog dušika u tlu zapravo je niz *depolimerizacije (dekompozicije)* polimernih organskih tvari pri čemu se odvajaju jednostavniji kemijski spojevi, tzv. monomeri, koji se dalje mineraliziraju do nitrata amonijaka (NH_4^+) i (NO_3^-), a koje biljke, zbog njihove male molekularne mase mogu lako usvajati. Zbog toga je predložen [novi integrirani konceptualni model](#) koji objašnjava kako se stvarno odvija ciklus dušika u tlu (Slika 1.). Premda je davno utvrđeno kako biljke mogu usvajati i male organske molekule mase ispod 1 kDa ([Waksman 1932, Harmsen i Van Schreven 1955](#)), zbog pretežnog usvajanja mineralnih hranjivih tvari još uvijek je na snazi [Liebig-ova \(1842.\)](#) teorija *mineralne ishrane biljaka*.

Stoga je preciznije utvrđivanje rate *neto mineralizacije* (dio mineralnog dušika koje usvoje više biljke) bio ključni korak za promjenu klasične paradigme mineralizacije organske tvari u tlu (Slika 1. A), jer od ukupne produkcije Nmin u tlu (*bruto mineralizacija*), više biljke u određenim okolnostima ipak mogu koristiti znatno veći dio (*neto mineralizacija*) oslobođenog mineralno dušika, a ne samo dio koji nadilazi potrebe mikroorganizama.

Važno je istaći kako suvremena istraživanja mineralizacije organske tvari tla ukazuju na mogućnost ravnopravnije konkurencije biljaka i mikroorganizmima u nekim tlima, osobito kad su biljke u mogućnosti usvajati male organske molekule, monomere (Slika 1. B) koje sadrže dušik. Tome jako pomaže [mikoriza](#) čime se apsorbiraju površina korijena višestruko uvećava (i do 100 puta), a *mikorizne gljive* uz to aktivno sudjeluju u razgradnji organskih tvari tla. Zbog toga u nekim situacijama biljke su u stanju "pobijediti" mikroorganizme, jer biljke imaju mnogo dužu vegetaciju od životnog vijeka mikroorganizama, odnosno, kad su biljke u mogućnosti usvojiti tek mali dio biorasploživog dušika N, integrirano kroz vrijeme vegetacije postaju konkurentne mikroorganizmima.

[Nova paradigma prepoznaje kako je kritična točka N-ciklusa zapravo depolimerizacija organskih spojeva koji sadrže dušik.](#) Polimeri zbog svoje veće molekularne mase nisu biorasploživi i potrebno ih je *depolimerizirati*, odnosno razdvojiti na manje fragmente, tzv. monomere, npr. aminokiseline, amino šećere, nukleinske kiseline itd., što vrlo uspješno obavljaju izvan stanični enzimi (pretežno *proteolitički egzoenzimi*). [Najveći rezervoar dušika u tlu čine proteini](#), ali ih mikroorganizmi i biljke ne mogu izravno usvojiti zbog njihove velike molekularne mase i čvrstog vezivanja u organomineralne kompleksne spojeve. Budući da svi procesi usvajanja hraniva korijenom biljaka ili mikroorganizmima, uključuju njihov rast i smrt, dakle vraćanje dušika do polimera, depolimerizacija je presudna u održavanju stalnog protoka novih biorasploživih N-spojeva u tlu i održavanju aktivnosti N-ciklusa. Otuda je nova paradigma N-ciklusa dramatičan pomak u razmišljanju, premda je još nepotpuna, jer je potrebno u nju inkorporirati sva tri ključna dijela N-ciklusa (*depolimerizacija, konkurencija i mikro uvjeti*) u jedinstveni konceptualni model koji razjašnjava raspoloživost dušika tla u kopnenim ekosustavima.

U Osijeku 5. prosinca 2019.