

Kad mineralna i organska gnojiva mogu djelovati toksično?

Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović

Posljednje što svaki poljoprivrednik želi je suvišnom gnojidbom ili prihranom stvoriti toksičnu okolinu svom usjevu. Naime, odavno je poznato da primjenom previše gnojiva, posebice blizu sjemena, prije klijanja i nicanja, ili primjenom gnojiva koje mlade biljke ne mogu usvojiti jer je hladno, smanjuje klijavost, rast i razvitak usjeva. Često gnojidba i/ili prihrana usjeva nisu jedini uzroci slabog napredovanja usjeva jer problemi u ranom porastu može prouzročiti suviše duboka i/ili kasna sjetva, loša kvaliteta sjemena, pojava bolesti i štetočina, manjak ili suvišak vode i dr.

Poljoprivrednici često nisu svjesni kako loše nicanje i slabo napredovanje usjeva u ranim etapama razvitka često prouzrokuje suvišna količina gnojiva, njegovo polaganje preblizu sjemenu (bočno u trake, ili ispod sjemena), ili pak kemijski oblik hraniva u gnojivu. Najveću štetu može izazvati primjena dušika, posebice u N-prihrani ozimih usjeva kod prerane primjene, što je [prepoznato još u dvadesetim godinama prošlog stoljeća](#). Naime, tijekom zime metabolizam biljaka je minimalan, ili potpuno zaustavljen (tzv. *zimsko mirovanje; kriptovegetacija*), ali i zimi temperatura lista, posebice danju, može biti iznad 0°C, dok je tlo smrznuto pa korijen ne može usvajati vodu, niti hraniva. Što je razlika temperature između korijena i lista veća to su problemi jače istaknuti, a najčešće se zapažaju kao *kloroza* (žućenje lišća) izazvana nemogućnošću usvajanja vode (tzv. *fiziološka suša*), te posljedično i nedostatkom hraniva, najčešće dušika, premda ga u tlu može biti dovoljno.

Tipični *znakovi toksičnosti gnojiva* su slaba klijavost, velike praznine u redovima i loš izgled mladih biljaka, a toksičnost NH_4^+ iona javlja se pri nižim koncentracijama nego što se to može pripisati samo toksičnosti soli. Sjeme, premda nabubrjelo, je mrtvo, ili s vrlo kratkim embrionalnim korjenčićem (*radicula*), često šuplje unutrašnjosti i smeđe boje, a stupanj oštećenja ovisi o koncentraciji soli u tlu (*osmotskoj vrijednosti vodene faze tla*). U zdravih biljaka *embrionalni korjenčić* treba biti bjeličast, uzak i dug (Slika 1.). Sjeme, premda oštećeno može proklijati, ali biljke izgledaju kao da su slabe, bolesne ili pregažene uz pojavu praznih mjesta (tzv. *plješine*). Dakle, simptomi toksičnosti NH_4^+ uključuju supresiju rasta korijena i lista, pojavu kloroze i smanjenje omjera korijen/izdanak.

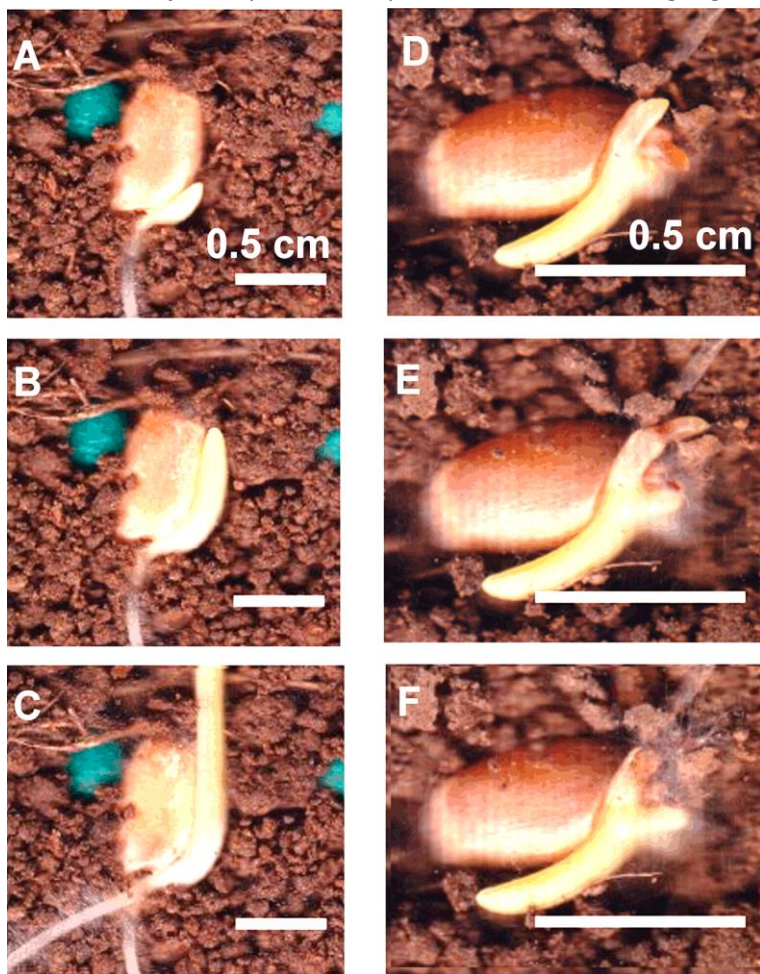
Obilna kiša u fazi klijanja i nicanja može isprati hranjive soli dublje i potpuno spriječiti, ili smanjiti štete. Naravno, preostaje mogućnost presijavanja, ali to znatno povećava troškove uzgoja, usjevi kasne u rastu i razvoju, izloženi su jačoj pojavi korova, a često ulaze u sušno razdoblje, ozimi pred žetvu, a jari tijekom ljeta kad im je voda najpotrebnija.

Suvremena agrotehnika sve češće primjenjuje [startnu primjenu gnojiva u trake ili u posteljicu](#) (pored ili ispod sjemena) zajedno sa sjetvom jarih usjeva s idejom da se postigne brzo napredovanje mladih biljaka, veće otpornosti na štetnike i bolesti, te izbjegnu problemi s ranom pojavom korova koji su jaka konkurencija mladim biljakama prema svjetlu, vodi i hranivima. Kao *startno gnojivo (booster)* česta je u novije vrijeme primjena *prila* uree obloženih polimerom (*polycoated urea; PCU*) radi sporijeg otapanja gnojiva i otpuštanja dušika u zoni korijena (*rizosferi*), ali i odvajanja sjemena membranom od gnojiva. Naime, urea se u tlu *enzimatski transformira* u plinoviti amonijak koji reagira s vodom te nastaju amonijevi ioni koje korijen lako apsorbira, ali kad je *metabolizam niskog intenziteta* (smanjeno ili zaustavljeno disanje korijena) spora je njegova ugradnja u *aminokiseline* i *amide*, te djeluje na biljke toksično. Dakle, kad je primijenjeno suviše uree u blizini sjemena, njegova klijavost može biti znatno smanjena zbog toksičnosti N-NH_3^+ ili suviše visoke osmotske vrijednosti vodene faze tla u rizosferi (tzv. *solni udar, solni stres*), ponekad i zbog tvorbe nitrita.

Budući da je ova zima (2016./17.) već dulje vrijeme s izrazito niskim temperaturama, uz nešto malo snijega, barem u ist. Hrvatskoj, ratari trenutno nemaju posla pa počinju razmišljati o zimskoj N-prihrani ozimih usjeva. Prije negoli se odluče na preranu N-prihranu po hladnom vremenu, smrznutom tlu i slabo razvijenim usjevima

(koji su još duboko u zimskom mirovanju), toplo im savjetujem da pročitaju moj članak o [principima gnojidbe ozimih žita](#).

Istraživanja primjene dušičnih gnojiva (Slika 1.) pokazala su da ona mogu uzrokovati oštećenja sjemena i mladih biljaka pšenice (*Triticum aestivum* L.), uljane repice (*Brassica napus* L.) i boba (*Vicia faba* L.). Ispitivanja na mladim biljkama pšenice, uz pomoć visoko razlučivog digitalnog skenera pokazala su na seriji snimaka da



Slika 1. Ključnice pšenice u kojima je sjeme obloženo polimerom uree (A-C) i ključnice pšenice kad su u blizini sjemena položene prile uree (D-F). (A, D) 5, (B, E), 6, i (C, F) 7 dana nakon sjetve.
<https://dl.sciencesocieties.org/publications/aj/pdfs/108/6/2485>

NH₃ i HN₄⁺ uzrokuju promjenu boje i anatomske promijene korjenčića, dok je reakcija na primjenu uree bila slabija (Slika 1.). Oštećenja amonijskim oblikom dušika često su bila smrtonosna u zoni korijena 1,5 - 5,0 cm. Oštećenja, i to prvo vrhova korjenčića, zapažena su već treći dan od primjene amonijskog gnojiva koji ubrzo prestaje rasti (nakon 4 - 8 sati) uz formiranje u apsorpcijskoj zoni manjeg broja korijenskih dlačica.

Korelacija između otpuštanja dušika iz različitih N gnojiva pokazuje da je plinoviti NH₃ vjerojatno glavni uzročnik oštećenja sjemena i mladih biljaka, a istraživanja na kukuruzu su pokazala da više štete nanosi primjena uree od diamonij-fosfata (DAP) ili amonij-nitrata (AN i KAN) zbog većeg utjecaja na promjenu pH tla.

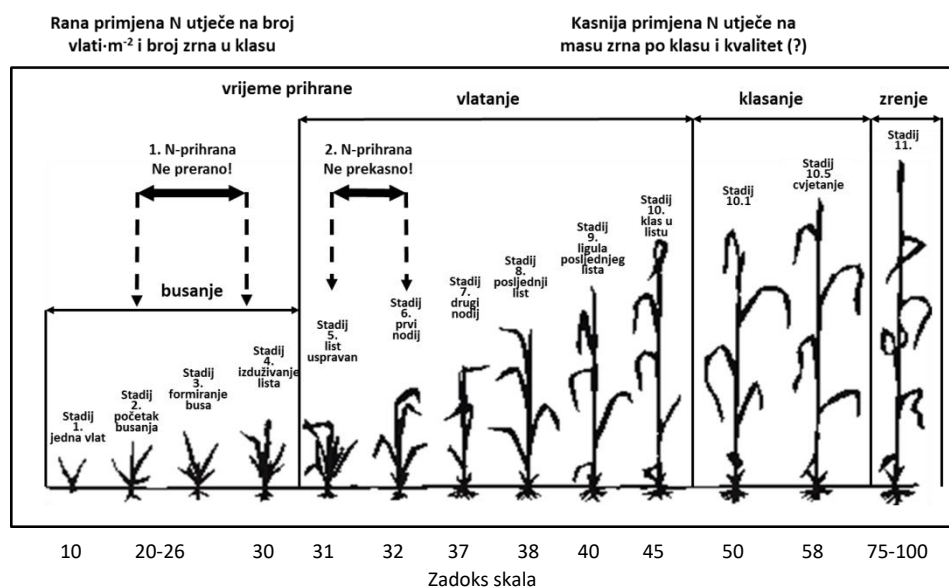
Sindrom toksičnosti NH₃ i NH₄⁺ nije samo ograničena na mineralna gnojiva (anorganska) jer i organska gnojiva negativno utječu disanje korijena i to u roku 4 - 5 sati od primjene, dok organske tvari visokog kapaciteta adsorpcije kationa poput treseta, mogu umanjiti toksične učinke iona NH₄⁺.

Dobra i pravilna dušična ishrana bilja, premda najviše ovisi o raspoloživosti mineralnih (anorganskih) oblika N (NO₃⁻, NH₄⁺, NO₂⁻), ovisna je i o drugi čimbenicima kao što su pH tla, ali i koncentraciji drugih neophodnih mineralnih iona (tzv. *antagonizam i sinergizam elemenata ishrane*). Amonijski (NH₄⁺) i nitratni (NO₃⁻) oblik dušika ponašaju se veoma različito u tlu. Naime, pozitivno nabijeni ioni amonijskog dušika lako se vežu na negativno nabijeni *adsorptivni kompleks tla* koji čine *humus i glina*. Tako *polarno* vezani N-NH₄⁺ je dostupan za usvajanje korijenom, a *elektrostatska veza* ga štiti od ispiranja iz zone korijena. Nasuprot njemu, negativno nabijeni N-NO₃⁻ ne reagira s negativno nabijenim česticama tla i kreće s vodom tla (*massflow*), ili premješta difuzijom od lokacije s višom prema nižoj koncentraciji.

Kada je vlaga tla ili količina oborina visoka N-NO₃⁻ oblik dušika može biti posve premješten u niže slojeve tla, ili do razine podzemne vode i izgubljen u vodotocima, bunarima, jezerima ili morima). U suprotnom, kad je tlo suho, nema premještanja nitrata u tlu. Važno je istaći, da [pri niskoj pH vrijednosti \(<5,0\) i/ili niskoj temperaturi ne dolazi do procesa nitrifikacije](#) (mikrobiološke transformacije NH₄⁺ u NO₃⁻). Općenito, u dobro dreniranim tlima kopnene biljke usvoje većinu svog dušika u nitratnoj formi upravo zbog mikrobiološke nitrifikacije u oksidacijskim uvjetima (pH > 5,5). Unatoč tome što biljke pri višem pH tla (pH ≥ 7) preferiraju amonijski oblik dušika, a kod nižih (pH < 6) nitratni, prilagodljivost biljaka različitim uvjetima okoliša igra važnu

ulogu u njihovom afinitetu prema usvajanju NH_4^+ i NO_3^- . Ipak, biljke koje usvajaju pretežito amonijski N, sadrže veću koncentraciju dušika u tkivima, nižu koncentraciju drugih anorganskih kationa i veći sadržaj klorofila u lišću. Međutim, većina biljnih vrsta pokazuje jasne simptome toksičnosti kad je raspoloživo suviše N-NH_4^+ , što može izazvati pad prinosa od 15 do 60 % (npr., rajčica, grah itd.), pa i ugibanje biljaka.

Drugi inhibicijski učinak N-NH_4^+ ogleda se u slabijem klijanju i oštećenjima mladih biljaka, te sprječavanju ili supresiji *mikorize* (simbioza viših biljaka i gljiva od kojih obje strane imaju korist; *mutualizam*). Visoka koncentracija NH_4^+ u tlu kratkoročno inhibira usvajanje NO_3^- , što varira ovisno o uvjetima u tlu i biljnoj vrsti, a može biti malog do vrlo visokog intenziteta. S porastom koncentracije nitrata u tlu inhibicija njegovog usvajanja amonijskim oblikom dušika opada.



Slika 2. Vremenski interval u kojem je potrebno obaviti N-prihranu ozimih žita

I na kraju, prihrana ozime pšenice i drugih ozimih žita mora se uskladiti s fiziološkom aktivnošću pšenice i raspoloživosti dušika iz tla. Prvu N-prihranu treba obaviti u momentu kada započinje *meristemska aktivnost* umnožavanja vegetacijskih organa (*busanje*), odnosno nakon zimskog mirovanja kad pšenica počinje vegetirati (završetak *kriptovegetacije*, tlo nije više zamrznuto), a drugu kod zametanja komponenti klasa (*početak vlatanja*). *Prva N-prihrana* je važna za sve pšenice i u svim slučajevima (treći i četvrti list, Slika 2.) jer se u 1. i 3. etapi razvoja izdužuje i segmentira budući klas. Ona utječe na koncentraciju klorofila u listu (boja usjeva), intenzivniju fotosintezu i na brži rast biljaka u vlatanju. Druga *N-prihrana* obavlja se u trenutku zametanja klasića (4. etapa razvoja, Slika 2.) koja pada u početku vlatanja. Taj trenutak određuje se isključivo na temelju stanja razvoja usjeva pšenice bez obzira na "kalendar", odnosno kad se zametak klasa primjetno odvoji od čvora busanja (~2 cm). Treća *N-prihrana u klasanju*, ili pred oplodnju ima malo značenje za visinu priroda, ali često utječe na porast hektolitarske mase i veći sadržaj dušika u zrnu. Međutim, mnogi istraživači smatraju da treća prihrana nema utjecaja na kvalitetu zrna jer se tada pretežno akumuliraju niskomolekularni oblici dušika.

Prihrana ozimih žita fosforom i kalijem se ne preporuča zbog njihovog neznatnog premještanja u dubinu, pa korijen ostaje na površini, što smanjuje otpornost na polijeganje i sposobnost korištenja vode iz dubljih slojeva. Stoga striktno izbjegavajte prihranu kompleksnim gnojivima (npr. formulacije 20:10:10, 15:15:15 i dr., posebice kad sav dušik sadrže u N-NH_4 obliku).

U Osijeku 28. siječnja 2017.