

Pametna gnojiva

Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović

Gnojidba je najuže povezana s efektivnom plodnosti tla, više od svih ostalih agrotehničkih mjera (npr. obrada, zaštita, sortiment i dr.) jer najviše utječe na povećanje prinosa, prosječno 50 %. Ona održava i podiže prirodnu plodnost tla i najviše povećava vrijednost uložnog rada i sredstava u poljoprivrednu proizvodnju, ali mora biti primjerena potrebama, uzrastu i stanju usjeva, jer pri suvišnim dozama neusvojeni dio hraniva može eskalirati u onečišćenje okoliša, prije svega podzemnih voda, a kod nedostatnih doza učinak je suviše mali.

Efektivna plodnost (produktivnost biljnog staništa) vrlo je složeno svojstvo tla i najtočnije se procjenjuje količinom organske tvari (tzv. *biološki prinos*) koju biljke mogu sintetizirati na nekom staništu tijekom vegetacijskog razdoblja (dio godine kada je rast biljaka moguć). Naime, tlo je veoma heterogena smjesa organskih (nerazloženi, polurazloženi i posve razloženi biljni i ostaci, kao i živa i neživa mikrofauna koje mikrobiota iznova sintetizira u relativno stabilnu organsku tvar označenu kao *humus*) i anorganskih komponenti (alumosilikatne gline, oksidi, silikati i niz drugih primarnih i sekundarnih minerala). Tlo se jako razlikuje u prostoru i vremenu te jednu parcelu može sačinjavati više različitih tipova i podtipova tla pa sadržaj hranjivih tvari, posebno lakopokretljivih (npr. nitrata), može znatno varirati u prostoru i vremenu, čak i danu koje variraju ovisno o kemijskim, fizikalnim i biološkim svojstvima tla. Stoga dinamika promjene i vremenske varijacije u svojstvima tla, na koje najviše utječe količina padalinama i temperatura, mogu znatno promijeniti uvjete ishrane usjeva tijekom vegetacije, što gnojidbu čini veoma zahtjevnim i složenim zadatkom, a postizanje visoke agronomske i/ili fiziološke djelotvornosti gnojidbe neizvjesnom i često problematičnom:

$$\text{Agronomska učinkovitost} = \frac{P_G - P_N}{G}, \quad \text{Fiziološka učinkovitost} = \frac{P_G - P_N}{E_{UF} - E_{UN}}$$

(P_G = prinos kg ha^{-1} postignut na gnojenoj parceli, P_N = prinos postignut na negnojenoj parceli, G = aktivna tvar (hranivo u gnojivu) u kg ha^{-1} , E_{UF} = usvajanje hraniva u kg ha^{-1} na gnojenoj parceli i E_{UN} = usvajanje hraniva na negnojenoj parceli u kg ha^{-1}).

Uobičajene fraze vezane uz gnojidbu, npr., "kakva gnojidba, takav je i prinos", "ništa gnojiva, ništa prinosa" i dr., često se čuju, ali su dokaz kako poljoprivrednici dobro znaju da moraju nadoknaditi iznesene i izgubljene hranjive tvari (npr. transformirane u neusvojive oblike, udaljene iz zone korijena, usvojene mikrobiotom i/ili korovima, i dr.), posebice one koje biljke zahtijevaju u većoj količini kao što su makroelementi dušik, fosfor i kalij, a odnesene su s njive prinosom. Zbog toga je za biljnu proizvodnju učinkovita gnojidba oduvijek ključni dio ekonomske i društvene održivosti konvencionalne (ne ekološke) poljoprivrede, ali takve okolnosti će potrajati kratko, samo dok su biljna hraniva u gnojivima jeftina i dostupna.

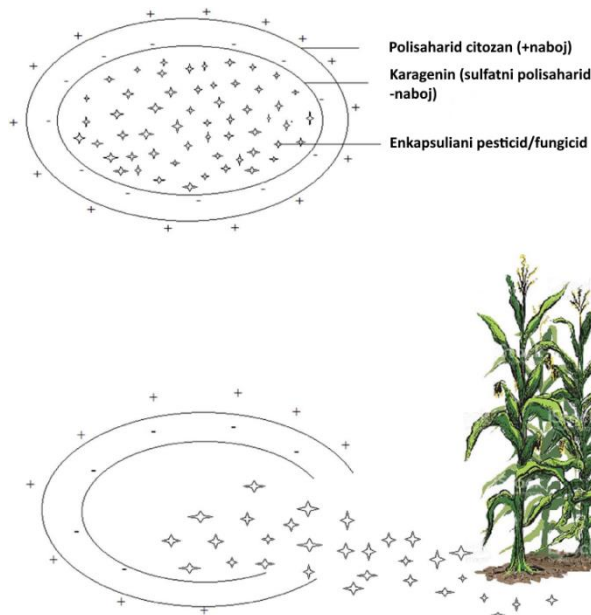
"Zelena revolucija" u 60-im i 70-im godinama 20. stoljeća zaslužna je za bolju prehranu milijarda ljudi širom svijeta, a mineralna gnojiva su bila jedan od ključnih pokretača tog poljoprivrednog buma. Međutim, u zemljama u razvoju troškovi gnojidbe relativno su visoki te ograničavaju proizvodnju hrane. Nova istraživanja u razvoju pametnih (nano) gnojiva pokazuju da je moguće hranu proizvesti učinkovito, bez onečišćenja okoliša, te se čini da je na vidiku druga revolucija u proizvodnji hrane.

Dobro je poznato kako primjena mineralnog dušika najviše utječe na povećanje prinosa, ali njegove mane su brza transformacija amonijskog dušika do lakopokretnih nitrata u tlu koji se brzo gube i/ili ispiru iz zone korijena (*rizosfere*). Ovisno o uvjetima u tlu, amonijski dušik može se gubiti iz alkalnih tala u plinovitom obliku (tzv. *volatizacija*), a u kiselim tlima nitrati transformirani do molekularnog, plinovitog dušika (tzv. *denitrifikacija*). Pored toga uzgajane biljke su po prioritetu usvajanja mineralnog dušika iza mikroorganizama i korova, pa je njegova agronomska učinkovitost u prosjeku 50 %, a kod primjene viših doza i znatno niža. Stoga su razvijena tzv. sporodjelujuća mineralna gnojiva koja imaju produžni učinak, odnosno njihovo djelovanje se proteže tijekom većeg dijela vegetacije, ili čak i dulje koja se dobijaju sintezom različitih kemijskih spojeva koja sadrže dušik, a u tlu se sporo razgrađuju. To mogu biti i granule gnojiva obložene slojem tvari koja ne dopušta brz prelazak hraniva u tlo (tzv. *inkapsulacija*). Tijekom toplijeg dijela vegetacije i pri navodnjavanju, osobito na tlima lakše teksture, koriste se i *inhibitori nitrifikacije* (npr. *N-Serve*, *Dwell*, *Dicyandiamide*, *Thiourea* i dr.) koji usporavaju procese transformacije različitih oblika dušika do lakopokretnog nitratskog oblika, a to znatno smanjuje njegove gubitke

ispiranjem ili denitrifikacijom. Važno je naglasiti da sporim otpuštanjem hraniva iz granule efikasnost gnojiva u prosjeku raste 30-100 %, dušičnih s 40-60 % na 60-90 %, fosfornih s 10-30 % na 30-60 % i kalijevih s 50-70 % na 70-90 %, [ali su dosadašnji tehnološki postupci dobivanja sporodjelujućih gnojiva relativno skupi, a otpuštanje hraniva je tek djelomično moguće kontrolirati.](#)

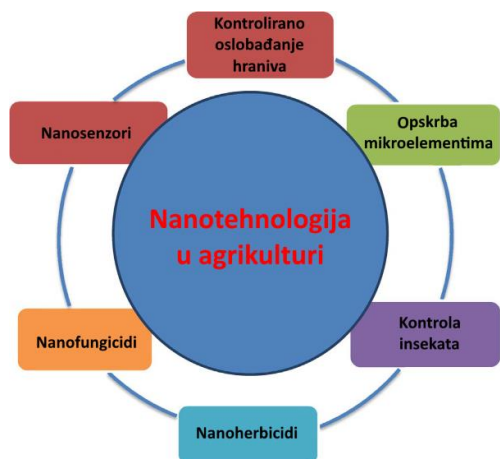
Uobičajeni tehnološki postupci za dobivanje sporodjelujućih dušičnih i kompleksnih gnojiva su:

- Prevlačenje granula (*enkapsulacija*) krutih N-gnojiva talinom sumpora (9-30 % S), voskovima ili različitim polimerima kao što su *akrilne smole, polistiren, polietilen* itd. koji slabo propuštaju vodu i usporavaju razlaganje granula,
- Primjena tzv. „*supergranula*“ koje zadržavaju hraniva unutar granule korištenjem *ionoizmjenjivača*,
- *Kondenzacija uree s aldehydima* (npr. *ureaform*, 38 % N) s produžnim učinkom do 6 mjeseci (kao i neki drugi postupci sinteze),
- *Teško topljivi polimeri* koji sadrže biljna hraniva i
- *Pametna gnojiva u kojima se koriste nanočestice* promjera 1-100 nm za kontrolirano otpuštanje makro i mikroelemenata.



Slika 1. [Kontrolirano oslobađanje pesticida, fungicida ili hranjivih tvari iz nanopremaza](#)

[Nano tehnologija je novi, vrlo je inovativni pristup za dobivanje sporodjelujućih gnojiva](#) iz koji je moguće kontrolirano oslobađati hranjive tvari u tlo, čime se postiže pravovremeno ili po potrebi ravnomjerno snabdjevanje biljaka hranivima u duljem vremenskom periodu uz veću agronomsku učinkovitost, odnosno nižu potrebnu dozu gnojiva te se tako sprječava onečišćenje i *eutrofikacija* vodnih resursa (Slika 1.). U nano gnojivima, hranjive tvari mogu biti inkapsulirane različitim poroznim materijalima, obložene tankim zaštitnim filmom [koji može sadržavati i mikroelemente](#), ili isporučene kao emulzije, uključujući i uporabu ugljičnih nanocijevčica koje lako prodiru u sjeme i utječu na njegovu bolju klijavost i veću brzinu porasta klijanaca i mladih biljaka.



Slika 2. [Shematski prikaz primjene nanotehnologije u poljoprivredi](#)

Osim u proizvodnji učinkovitijih gnojiva, nanotehnologija se može primijeniti u proizvodnji drugih agrokemikalija, posebice pesticida čije se djelovanje može kontrolirati tako da se zadrže na mjestu gdje im je učinak najveći, bez ispiranja i onečišćenja podzemnih voda ili tako proizvedene hrane (Slika 2.). [Također, nanotehnologija je primjenjiva u prijenosu DNA, odnosno prijenosu dijelova genoma u postupku kreiranja novih kultivara otpornih na insekte i patogene te se procjenjuje da će se proizvodnja biogoriva iz biomase ubrzati primjenom nanotehnologije.](#) Prije primjene takve tehnologije u proizvodnji hrane istraživači i proizvođači nano agrokemikalija moraju pokazati da primjena nanotehnologija nema štetnog utjecaja na okoliš i zdravlje ljudi.

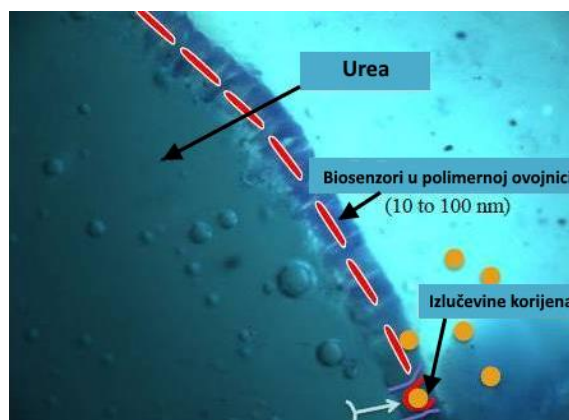
[Općenito se očekuje da nanoformulacije pesticida omoćuće sporo i ciljano oslobađanje aktivne tvari i te tako omoćuće postizanje većeg učinka s nižom dozom kemikalija](#) te je nano enkapsulacija pesticida

trenutno najperspektivnija tehnologija za zaštitu biljaka od štetnih insekata. Također, feromoni imobilizirani u nanogelu pokazali su visoku rezidualnu aktivnost i izvrsnu učinkovitost u proizvodnji voća smanjujući neželjenu populaciju štetnika odgovornih za pad prinosa i kvalitete plodova.

Kontrola oslobađanja hranjivih tvari vrlo je poželjno svojstvo gnojiva koje potiče povećani interes za istraživanje nanotehnologije.

Premda je sporo oslobađanje kemikalija široko primijenjeno u proizvodnji lijekova, ovaj mehanizam isporuke hranjivih ili aktivnih tvari iz nano agrokemikalija tek je u začetku, a urea je kao visoko koncentrirano dušično gnojivo trenutno u fokusu istraživanja. Trenutno se eksperimentira s nanočesticama hidroksiapatita koje djeluju i kao bogat izvor fosfora, a omogućavaju vezivanje uree pa takvo nano gnojivo sadrži i do 40 % N. Trošak proizvodnje opisanog nano gnojiva nešto je viši prema konvencionalnom gnojivu, ali je to kompenzirano smanjenjem potrebne doze i ekološkom koristi zbog manjih gubitaka dušika. Stoga se smatra da primjena nanočestica u poljoprivrednoj proizvodnji vodi do održivog razvoja kroz potrebu nižih doza agrokemikalija, generiranje manje otpada, minimiziranje gubitaka hranjivih tvari i oslobađanje hranjivih tvari prema potrebama biljaka.

Najnoviji tipovi nano gnojiva mogu kontrolirano (polako ili brzo) oslobađati hranjive tvari ovisno o vanjskim faktorima, npr. pod utjecajem promjene pH tla, vlage, korijenskih izlučevina, temperature itd. (Slika 3.) i tako ubrzati rast biljaka više od konvencionalnih gnojivima te se očekuje da se nova pametna nano-gnojiva mogu koristiti za ishranu bilja preko korijena ili lista (folijarno).



Slika 3. Smart nano gnojivo koje otpušta ureu pod utjecajem korijenskih izlučevina

U Osijeku, 11. lipnja 2019. god.