

Učinkovitost i ekonomičnost gnojidbe

Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović

Gnojidba se u cilju poboljšanja rasta i prinosa biljaka primjenjuje od davnina, no njeni učinci su oduvijek veoma varijabilni jer ovise o agroekološkim uvjetima, stupnju razvoja poljoprivrede određenog područja i znanju poljoprivrednih proizvođača. Njen utjecaj na visinu prinosa i profitabilnost biljne proizvodnje je ogroman te je ona neizostavna agrotehnička mjera. Stoga je gnojidba, uz korištenje vode i zaštitnih sredstava, uvijek bila u žarištu znanstvenih istraživanja te je u suvremenoj poljoprivrednoj praksi tehnologija gnojidbe doživjela velik napredak.

[Suvremeni koncept gnojidbe](#) smatra da se za optimalan rast usjeva te postizanje visokog, kvalitetnog i profitabilnog prinosa kao izvor hranjivih tvari uspješno mogu koristiti organska, mineralna ili obje vrste gnojiva. Sustav gnojidbe koji prakticira oba izvora hraniva najčešće se označava kao [integrirani management hraniva](#). Da bi [integrirana gnojidba](#) bila učinkovita potrebno je dobro razumijevanje ciklusa i transformacije hraniva u tlu svih 17 *neophodnih* ili *esencijalnih elemenata* kako bi se uspješno mogla primijeniti potrebna doza uz maksimalnu učinkovitost, ali i minimalizirati gubitci te otklonio njen štetan utjecaj na okoliš. [Negativan utjecaj na okoliš](#) zbog dugotrajne, prekomjerne i nestručne uporabe, podjednako imaju mineralna i organska gnojiva. Dakle, [moderna gnojidba](#) (učinkovita, isplativa i ekološki prihvatljiva) ne može se zamisliti bez stručnog znanja proizvođača te [analize tla](#), odnosno gnojidbenih preporuka, a vrhunski prinosi i dobra kakvoća uroda postižu se samo korištenjem kombiniranog učinka, odnosno optimiziranjem cjelokupne agrotehnike i prakse upravljanja. Samo gnojidba, ma kako ona bila važna, nije dovoljna za dobivanje visokih prinosa dobre kakvoće.

Biljke, kao i sve druge žive organizme grade stanice unutar kojih se odvijaju brojne metaboličke kemijske reakcije odgovorne za rast, razvitak i razmnožavanje. Budući da biljke ne jedu hranu poput životinja, one ovise o hranjivim tvarima koje usvajaju iz atmosfere i tla. Kad je mogućnost usvajanja hranjivih tvari ograničena rast se usporava, a prinos i njegova kakvoća padaju. Stoga [gnojiva](#) zamjenjuju neophodne hranjive tvari (*elemente ishrane*) u kojima tlo oskudijeva, posebice kad su one najpotrebnije biljkama (tzv. *maksimum usvajanja*) i na taj način povećavaju *efektivnu plodnost tla*. Također, gnojiva mogu biti prilagođena vrsti usjeva koji se uzgaja, načinu primjene (*konvencionalno* ili *folijarno*), s efektom odgođenog i naknadnog djelovanja, dodatcima koji pospješuju biogenost tla itd.

Primarne komponente gnojiva su [elementi ishrane](#) koje biljke zahtijevaju u velikim količinama, posebice dušik, fosfor i kalij (*glavni elementi ishrane*), zatim elementi koje biljke zahtijevaju u manjoj količini (kalcij, magnezij i sumpor, odnosno *sekundarni elementi ishrane*) i konačno *mikroelementi* koje biljke usvajaju u veoma malim količinama (ispod 1 kg po ha), ali su također neophodni za rast i razvitak biljaka. Potrebno je naglasiti *biljna hraniva* zapravo nisu biljna hrana, jer su biljke *autotrofni organizmi* i svoju hranu sami grade u procesu [fotosinteze](#) iz ugljičnog dioksida i vode uz pomoć sunčeve svjetlosti. Naime, hrana mora sadržavati i energiju za održavanje životne aktivnosti, dok je funkcija elementa ishrane vezana isključivo uz omogućavanje sinteze i građu vitalnih komponenata, npr. *proteina, nukleinskih kiselina, fosfolipida, hormona* itd.

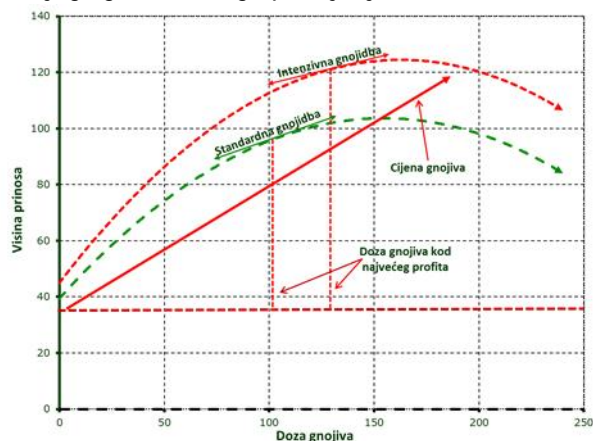
Suvremena istraživanja gnojiva i gnojidbe fokusirana su na očuvanje okoliša, pronalaženje novih, manje skupih izvora gnojiva, učinkovitije tehnologije primjene i boljeg fizikalno-kemijskog oblika gnojiva koji su manje podložni gubitcima iz tla. Npr., na onečišćenje okoliša sve jače utječe porast komunalnog otpada koji pak sadrži veliku količinu biljnih hraniva, ali i toksične elemente (npr. kadmij, olovo, živa i dr.) pa se trenutno intenzivno istražuje mogućnost njihovog uklanjanja i sigurna primjena kao organskog gnojiva.

[Organska gnojiva](#), animalnog ili biljnog podrijetla, sadrže veći dio hraniva u obliku koje biljke mogu usvojiti tek nakon njegove razgradnje u tlu ([mineralizacija](#)) te stoga imaju znatno dulji vremenski period djelovanja u odnosu na [mineralna \(sintetska\) gnojiva](#). Taj, tzv. *produžni efekt*, ovisi o složenoj interakciji mikroorganizama koju je teško predvidjeti, odnosno o uvjetima neophodnim za njihov život kao što su povoljna temperatura,

vlaga, pH, C/N omjer, raspoloživost elemenata ishrane i dr. Zbog toga organska gnojiva djeluju u duljem vremenskom periodu, znatno sporije i imaju znatno nižu učinkovitost prema mineralnim gnojivima. Također, mnogi, ne samo poljoprivrednici, pogrešno smatraju kako organski gnoj ima posebna svojstva neophodna za tvorbu [humusa](#), odnosno u poboljšanju strukture tla. Naime, organska gnojiva ne sadrže više hranjivih tvari u odnosu na stočnu hranu (siderate ili žetvene ostatke), ne proizvode novu organsku tvar koja već nije bila sadržana u biljnoj hrani za životinje, niti ona nastaje u procesu probave. Dakle, organskom gnojidbom samo se premještaju hraniva usvojena biljkama na drugom mjestu na gnojenu parcelu uz neizbježan gubitak hranjivih tvari i ugljika (C) u procesu životinjske probave i procesa mineralizacije.

U *Rothamstedu* u Engleskoj, gdje se neprekidno od 1840. god. istražuje se utjecaj organskog gnoja, utvrđeno je povećanje omjera C/N u odnosu na mineralnu gnojidbu. Međutim, fizikalna svojstva tla (stabilnost strukturnih agregata tla i intenzitet infiltracije vode) više su povećane uz primjenu samo mineralnog gnoja, a ispiranje dušika uz preporučenu primjenu dušika (75 tona organskog gnoja po hektaru godišnje) prosječno je dvostruko više u odnosu na primjenu mineralnog N-gnojiva (113 N kg po hektaru godišnje). Također, teško je u budućnosti očekivati veću produkciju organskog gnoja od trenutne pa se njegovi novi izvori moraju proširiti na sigurno korištenje drugih vrsta organskog otpada, primjerice komunalnog organskog otpada, odnosno smeća.

Sve veća [potreba za hranom](#) rastuće svjetske populacije zahtijeva korištenje novih tehnologija i intenziviranje proizvodnje na ograničenim obradivim površinama u čemu su gnojiva nezamjenjiva te je njihova zlouporaba veoma česta i ne treba nikako podcijeniti ili minimizirati njihov utjecaj na okoliš. Istraživanja u SAD pokazuju da bi prinos kukuruza prosječno pao za 40 % bez primjene N-gnojiva, a pad bi bio još veći bez sva tri primarna elementa ishrane (N, P i K). Dugoročne studije u Oklahomi pokazuju 40 postotni pad prinosa pšenice bez redovite gnojidbe dušikom i fosforom, u Missouriju pad prinosa pšenice bi iznosio 57 % bez primjene gnojiva, a u Kansasu bi se ostvarilo tek 60 % trenutno prosječnog prinosa kukuruza, itd. Važno je naglasiti da suvremena istraživanja gnojiva i gnojidbe daju dobre rezultate, npr. u SAD se u posljednjih 25 godina učinkovitost gnojidbe povećala za najmanje 35 %, a to znači da se primjenjuju niže doze uz isti, ili kod kukuruza i veći prinos. Jedan dio poboljšanja učinka gnojidbe svakako je [posljedica moderne genetike](#), kao i boljeg agronomskog upravljanja.



Slika 1. Odnos gnojidbe, visine prinosa i profita

sada zbog *Mitscherlichovog zakona opadajućeg porasta prinosa* i visoke cijene gnojidbe, jer sve veće doze hraniva rezultiraju sve nižim porastom prinosa za isto povećanje gnojidbe (Slika 1.).

Značajna količina dušika (~50 %) primijenjenoga gnojidbom i manji dio fosfora izgube se iz poljoprivrednih površina (isperu do razine podzemne vode ili površinski saperu do vodotoka ili vodenih površina). I drugi, brojni nuzgredni učinci gnojidbe (erozija, zakišeljavanje tla, gubitak strukture i dr.) također imaju štetan utjecaj, jer utječu na gubitak [biološke raznolikosti](#), dominaciju štetnih vrsta, *eutrofikaciju voda*, veće troškove u opskrbi pitkom vodom, povećanu emisiju tzv. *stakleničkih plinova* NO_x i O_3 u *troposferi* i *stratosferi* itd.).

Postizanje visokih prinosa u poljoprivredi izravno je ovisno o primjeni gnojiva, posebice sintetskih amonijskih i nitratnih gnojiva (N-NH_4 i N-NO_3). U nekim dijelovima svijeta, biljna proizvodnja i dalje je ograničena zbog niske uporabe gnojiva, bez obzira na širenje poljoprivrednih površina na područja koja su zauzimali prirodni ekosustavi. Između 1960. i 1995. godine globalna primjena N-gnojiva porasla je sedam puta, fosfora 3,5 puta, a znanstvene projekcije pokazuju da će se uporaba sintetskih gnojiva povećati još tri puta do 2050., izuzev ako se u međuvremenu znatno ne poveća učinkovitost gnojidbe što nije realno očekivanje. Naime, daljnji porast primjene gnojiva vjerojatno neće biti učinkovit kao do

Unapređenje gnojidbe se stoga mora fokusirati na poboljšanja u gnojibenoj praksi koja bi mogla doprinijeti povećanju njene učinkovitosti. Primjerice, kao rezultat velikih ulaganja u istraživanja, bolje obrazovanje poljoprivrednika, kreiranje boljih kultivara, adekvatnu [plodosmjenu](#), reduciranu obradu, veću sjetvu pokrovnih usjeva i redovitu [kontrolu plodnosti tla](#), učinkovitost dušičnih gnojiva u SAD porasla je za ogromnih 36 % u posljednjih dvadesetak godina. [Sjetva pokrovnih usjeva](#) i prakticiranje reducirane obrade svakako smanjuje ispiranje hraniva, *volatizaciju* dušika (gubitak N-NH₄ u obliku plina) i gubitke tla i hranjivih tvari erozijom, a ujedno povećava učinkovitost gnojidbe.

Organska (ekološka) biljna proizvodnja temelji se na organskim izvorima hraniva. Međutim, još uvijek je nemoguće kontrolirati procese mineralizacije organske tvari u tlu, odnosno *sporo otpuštanje* hranjivih tvari iz organskog gnojiva, komposta ili zelenog gnojiva. Kontrola mineralizacije organske tvari u tlu znatno bi utjecala na pad gubitaka ispiranjem i isparavanjem jer bi se raspoloživa hraniva našla u zoni korijena (*rizosfera*) onda kad ih biljke trebaju. Naravno, nemogućnost reguliranja mineralizacije je ogroman problem za [intenzivnu biljnu proizvodnju](#) koja zahtijeva primjenu i visoku raspoloživost hraniva u momentu kad su najviše potrebna biljkama, a to se lako rješava pravovremenom mineralnom gnojidbom, [najbolje u blizini korijenovog sustava ili preko lista](#) i to kemijskim oblicima gnojiva koja odmah djeluju.

Primjena gnojiva tijekom najveće potražnje usjeva, posebice u blizini korijenovog sustava (*rizosfera*), u više navrata manjim dozama, povećava učinkovitost mineralnog gnoja, utječe na brži porast biljaka i formiranje visokih prinosa uz prihvatljivi rizik od gubitaka, odnosno prihvatljivo *ekološko opterećenje okoliša*. Takva [precizna poljoprivreda](#) sve se više koristi u intenzivnom uzgoju, ali uz obaveznu primjenu dijagnostičkih metoda utvrđivanja potrebe za hranivima. Postoji više strategija kojima se omogućuje *precizna gnojidba*, od redovite kemijske analize tla, primjene beskontaktnih tehnika koje obuhvaćaju senzorsku dijagnostiku tla i usjeva, odnosno izradu agrokemijskih karata u pomoć korištenja [dronova](#), zrakoplova i/ili satelita. [Kartiranje zemljišta](#) (istraživanje njegovih pedo-fizikalnih, kemijskih i bioloških, odnosno ukupnih produkcionih svojstava) svojevrsna je dijagnostika, inventarizacija i karakterizacija temeljem koje je moguće pouzdano definiranje potencijalne plodnosti, odnosno pogodnosti za određenu uporabu poljoprivrednog zemljišta. [Plodnost tla](#) može se utvrditi samo mjerenjem (*kvantifikacijom*) pojedinih indikatora neophodnih za pouzdano vrednovanje (npr. nagib, propusnost, tekstura i struktura tla, pH, dubina soluma, opasnost od erozije, sadržaj hraniva, količina padalina, mogućnost navodnjavanja, potreba kondicioniranja, mogućnost obrade itd.). Naime, varijacije zemljišnih svojstava (tla i terena) moraju se nalaziti unutar dopuštenih granica, pa ograničenja (koja se ne mogu učinkovito poboljšati) određuju njegovu namjenu, npr. poljoprivredno zemljište, bez ili uz navodnjavanje, travnjaci, šume, prostori za rekreaciju itd.

Planiranje i [održivo upravljanje poljoprivrednim prostorom](#) ima značajan potencijal za smanjenje *off-site posljedica* na okoliš. U tu svrhu se mogu iskoristiti susjedni prirodni i polu-prirodni obnovljeni ekosustavi kao što je sadnja drveća i grmlja u *tampon trake* koje će smanjiti eroziju tla i spriječiti premještanje hranjivih tvari do površinskih ili podzemnih voda. Tampon zone uz potoke, rijeke i jezerske obale mogu spriječiti hranjive tvari i erozivni materijal s obrađenih parcela da dospiju u vodu, a ujedno su i stanište za insekte i druge organizme (npr. *oprašivače*, *parazitoide* koji su neprijatelji parazitenih vrsta i mogu osigurati učinkovitu kontrolu mnogih poljoprivrednih štetnika). Dakle, tampon zone mogu uspješno smanjiti širenje poljoprivrednih štetnika i korova.

Sve navedene mjere lako se mogu uključiti u sustav [kontrole plodnosti](#) s ciljem povećanja prinosa usjeva, voća i povrća uz povećan učinkovitost gnojidbe i korištenja vode. Također, dobro razumijevanje *agroekologije*, *biogeokemije* i *biotehnologije* može doprinijeti u velikoj mjeri održivoj i ekološkoj praksi upravljanja poljoprivrednim zemljišnim resursima, razumnom korištenju pesticida i antibiotika, kao i promjenama u stočarskoj proizvodnoj praksi. Na kraju, održiva poljoprivreda mora biti široko prihvaćena, dobro regulirana i učinkovito nadzirana da bi njeni učinci bili vidljivi i razumljivi kako proizvođačima, tako i cjelokupnoj populaciji.

Osijek, lipanj 2016.