

Lokalizirana startna gnojdba i prihrana

Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović

Povećanje primarne organske produkcije, globalno, kao i lokalno, redovito raste usvajanjem poboljšane tehnologije, ali kako na rast prinosa i profita utječe optimizacija niza proizvodnih faktora i uvjeta, osobito u gnojdbi (primjena vrste i doze primjerene potrebama biljaka i razini plodnosti tla, način i vrijeme primjene gnojiva, npr. pod brazdu u jesen i/ili proljeće, duboka inkorporacija, folijarno prskanje, lokalizirana primjena u trake, ispod ili u blizini sjemena itd.). Također, na povećanje profitabilnosti i prinosa snažno utječu svojstva tla, vremenski uvjeti tijekom vegetacije, pravilan plodored, izbor sorte ili hibrida itd., ali među svim faktorima biljne proizvodnje najveći je utjecaj gnojdbi pa se [većina istraživača smatra kako gnojdba doprinosi ukupnom povećanju prinosa većine usjeva za 40 - 50 %](#).

Na žalost, napredak u biljnoj proizvodnji uglavnom ne prati porast potrebe za hranom što je i razumljivo obzirom na sporo usvajanje novih znanstvenih otkrića i uvođenje novih tehnologija i strategija u proizvodnji hrane, posebice u slabo razvijenim zemljama. Također, često je i nepovoljno političko okruženje za podršku poljoprivrednicima, kao i sve jači pritisci u potrebi očuvanja okoliša obzirom na činjenicu da intenzivna biljna proizvodnja zahtijeva visoke doze gnojiva i pesticida, ali se uz pomoć suvremenih informatičkih tehnologija onečišćenje okoliša agrokemikalijama može znatno smanjiti ili često i posve otkloniti. Naime, uvođenjem geografskih informacijskih sustava (GIS), globalnog pozicioniranja (GPS), daljinskih istraživanja (RS) i sve bržim razvojem tehnologija za poboljšanje učinkovitosti gnojdbi (npr. primjena pametnih gnojiva, gnojiva sa sporim otpuštanjem hraniva itd.), moguće je gnojdbene preporuke, odnosno poljoprivrednu praksu prilagoditi potrebama usjeva, svojstvima tla i agroekološkim specifičnostima.

[Premda je dušik "motor rasta biljaka", suvišna \(luksuzna\)N primjena rezultirati većom konkurencijom korova, pojačanim napadima patogena i štetočina, a neusvojeni dušik bit će izgubljen uz štete po okoliš](#). Pored toga, povećanje prinosa zahtijeva i više drugih hraniva te je evidentno kako je učinkovitost dušika bez primjene fosfora i kalija znatno niža. Dakle, [povećana potrošnja glavnih elemenata ishrane \(N, P i K\) neće biti učinkovita ako i drugi proizvodni uvjeti nisu odgovarajući, prije svega pH vrijednost tla](#) (kalcijacija na kiselim i primjena gipsa na alkalnim tlima), sadržaj humusa, opskrba vodom, raspoloživost sekundarnih makro- i mikroelemenata i dr. (sukladno tzv. *Zakonu optimuma*). Međutim, proizvodne parcele su redovito malo do izrazito heterogene što se odražava na izbor i optimizaciju tehnologije u primarnoj proizvodnji. [Naime, statističke analize i vizualna promatranja karata plodnosti tla objašnjavaju samo dio varijabilnosti prinosa te se ne može pouzdano utvrditi što ograničava usvajanje hraniva ako se ne koriste tretmani s i bez gnojdbi](#).

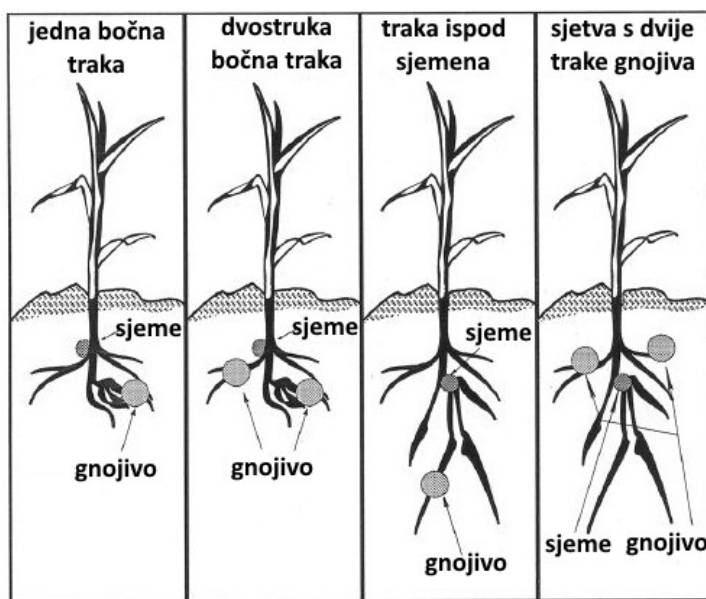
Svjetska populacija raste po stopi od ~1,6 % godišnje, a u nerazvijenim zemljama s najvećim potrebama za hranom ta je stopa čak do 3 %. [Istovremeno su prirodni resursi, kao što su zemljište i voda u opadanju, količinski, ali i kvalitetom zbog urbanizacije i degradacije te je potreba za što više hrane čest uzrok gubitka poljoprivrednog zemljišta](#) (gubitak organske tvari, zaslanjivanje, zakiseljavanje, erozija vodom i vjetrom, fizička, kemijska i biološka degradacija i dr.), a na taj izazov sadašnjice potrebno je znati odgovoriti, brzo i učinkovito. [Budući da su proizvodni troškovi sve veći u biljnoj proizvodnji, kao i porast svijesti o potrebi zaštite okoliša, neminovno je prakticiranje jeftinijih, efikasnijih i manje štetnih sustava uzgoja usjeva, dakako sukladno principima održive poljoprivrede](#). Na tom tragu sve je šira primjena *reducirane obrade* tla koja primjenjuje smanjeni intenzitet ili pak manju dubinu obrade, a obuhvaća i tzv. *strip obradu* (*strip-till*) koja podrazumijeva obradu samo sjetvenog reda, dok *no-till* (*nulta obrada* ili *zero tillage*) podrazumijeva samo polaganje sjemena u neobrađeno tlo. Dakako, žetveni ostaci na površini tla mogu biti zapreka u pripremi tla za sjetvu, kao i u nicanju usjeva, bez obzira jesu li usitnjeni ili nisu. Naime, nicanje proljetnih usjeva može biti produljeno u hladnim i vlažnim uvjetima zbog više vlage i niže temperature površine tla (do 2,5°C) zbog povećane refleksije sunca, a žetveni ostaci mogu biti i izvor biljnih patogena. Međutim, uz strip obradu (obrada samo sjetvenih traka) prinos je često jednak onome bez pokrova od žetvenih ostataka, uz napomenu da takva obrada nije pogodna za strne žitarice.

Cilj zadržavanje žetvenih ostataka na površini tla je sprečavanje erozije tla vodom i vjetrom, sprečavanje formiranja tzv. pokorice, smanjivanje gubitaka vode isparavanjem (*evaporacija*) te poboljšanje kemijskih i bioloških svojstava tla povezanih s dugoročno održivom produktivnošću tla. Da bi se postigla potrebna razina pokrivenosti proizvodne parcele, konzervacijska obrada najčešće uključuje određeni stupanj smanjenja obrade i to u pravilu bez prevrtanja oraničnog sloja, čemu potpomaže i izbor adekvatne rotacije usjeva. Na takav način može se postići manja zakorovljenost te manja pojava štetnika i bolesti, a gnojidbu je moguće kvalitetno obaviti predstjetveno u obrađene trake tla (*strip-till*) ili startno (lokalizirano u blizini sjemena sa sjetvom). Takva primjena, zbog suženog omjera gnojiva prema tlu (*lokalizirana gnojidba*), zapravo je najefikasniji način primjene P i K na siromašnim tlima.

[Nakon obrade tla jednim prolazom u trake \(strip-till\) sve in-line kulture \(npr. kukuruz, suncokret, soja, sirak, uljana repica, šećerna repa itd.\) mogu se sijati brzinom od 6 - 12 km/h, a uz sijačicu širine 4,5 m dnevni učinak je ~35 ha.](#) Za *strip-till* obradu (jesen ili proljeće), tlo mora biti dovoljno suho pa obrada samo sjetvene trake

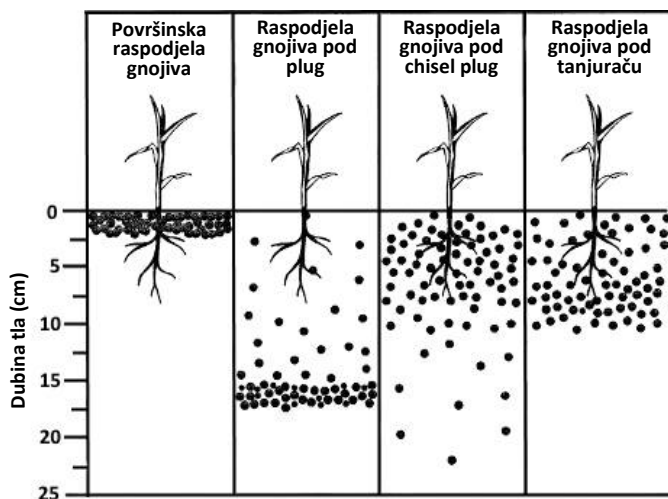
kod povoljne vlažnosti tla jamči polovicu uspjeha. Budući da izravna sjetva u proljeće može biti otežana zbog vremenskih uvjeta ili zbog promjenjive razine dovoljno suhog i vlažnog tla, obrada u trake se može obaviti dva tjedna ranije, ili samo nekoliko dana prije sjetve, odnosno kada je tlo što je moguće više suho. U slučaju kad je vlažnost tla veća od optimalne, radnu dubinu obrade treba smanjiti na 15 cm, jer pri obradi na dubinu od 25 cm [često je formiranje zbijenog sloja, tzv. „tabana pluga/tanjurače, kroz koji korijenje teže prorasta u dublje slojeve.](#)

Lokalizirana gnojidba (gnojidba, odnosno startna prihrana obavljeno istovremeno sa sjetvom) neposredno ispod ili pored sjetvenog reda (Slika 1.), osigurava nižu potrošnju gnojiva i njegovu veću *agronomsku efikasnost/iskoristivost*, naravno uz manji gubitak hraniva i manje onečišćenje okoliša. [Temeljem američkih iskustava iz višegodišnje prakse moguće je u prosjeku smanjiti N-dozu za 20 - 30 %.](#) Budući da pri reduciranoj obradi tla organska tvar ostaje na površini, njena mineralizacija događa se kasnije te je za potrebno predvidjeti raniju N-prihranu u odnosu na tradicionalnu (npr., za kukuruz u fenofazi 6-8 listova) kako bi se osigurala kontinuirana i pravovremena opskrba dušikom. Lokalizirani unos



Slika 1. Metode polaganja gnojiva u trake (kukuruz)

N-gnojiva u no-till, odnosno direktnoj sjetvi ispod žetvenih ostataka prethodnog usjeva, omogućuju očuvanje vode pa su elementi ishrane uvijek u otopini tla, a korijenje ima duži pristup vodi do pojave toplijeg i sušnijeg razdoblja, što istovremeno povećava učinkovitost gnojiva.



Slika 2. Primjena gnojiva jednoliki po parceli prije obrade tla

Primjena gnojiva prije obrade tla jednoliki po cijeloj parceli (Slika 2.) ima više prednosti, ali i nedostataka u odnosu na lokaliziranu gnojidbu (u trake prilikom reducirane obrade tla, ili startno), odnosno zajedno sa sjetvom. [Primjena gnojiva po površini bez naknadne ugradnje \(inkorporacija\) je loša odluka \(Slika 1., lijevo\) zbog neznatnog premještanja P i K po dubini](#)

[profila tla, kao i vremenu](#), ali i [geotropizma \(gravitropizam\) korijena](#) koji će se zadržati blizu izvora hraniva, odnosno plitko, što je u ljetnim i sušnim uvjetima pogubno. [Površinska gnojidba i njegova inkorporacija \(u što kraćem vremenu\) je najjednostavnija metoda aplikacije i najbolja je za velike brzine rada i visoke doze primjene gnojiva](#). Različita oruđa za inkorporaciju gnojiva, nakon njegove površinske primjene, rezultiraju različitom distribucijom gnojiva unutar korijenske zone (Slika 2.) i omogućavaju prostorni i dublji razvoj korijena, ali je i mogućnost za [biološku, kemijsku \(npr., P\) ili fizikalnu fiksaciju \(npr., K\) hraniva veća](#).

Općenito, prednost primjene gnojiva pod brazdu je:

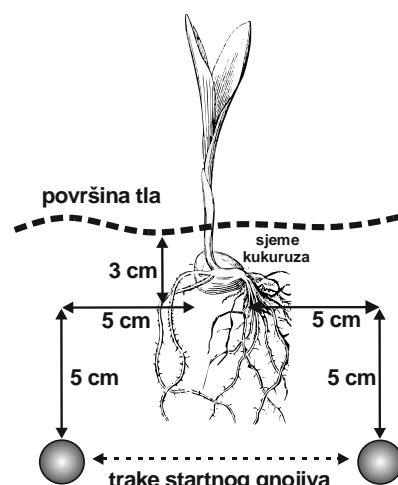
- Daje ravnomjerniju raspodjelu hranjivih tvari u korijenskoj zoni omogućavajući korijenskom sustavu da rastući dođe u kontakt s gnojivom te se to smatra najboljom metodom za dobivanje maksimalnih prinosa,
- Postoji manja opasnost od solnog udara (osmotskog stresa) u klijanju, nicanju i ranom porastu jer je gnojivo jako „razrijeđeno“ (širi omjer gnojiva prema tlu),
- Omogućava bolje planiranje i raspodjelu potrebnih agrotehničkih zahvata prije sjetve ili sadnje,
- Gnojidba prije obrade tla je vrlo efikasna kod gustih usjeva i nasada (npr. u rasadnicima), na malim parcelama, kod zasnivanja trajnih nasada, višegodišnjih usjeva, gnojidbe livada i pašnjaka.

Nedostaci gnojidbe prije obrade (osnovna i predsjetvena) u odnosu na lokaliziranu gnojidbu su slijedeći:

- Lokalizirana gnojidba omogućuje maksimizaciju fosfornih gnojiva na siromašnim tlima (3-10 puta više u odnosu na gnojidbu prije obrade),
- Osnovna i predsjetvena gnojidba često daju isto povećanje prinosa kao i lokalizirana, premda osnovna gnojidba može dati veće prinose ako se primijeni dovoljno P. Naime, teško je ostvariti maksimalne prinose samo lokaliziranom primjenom gnojiva na tlima niske plodnosti te je na siromašnim tlima potreba osnovna, ali i startna gnojidba, premda maksimalni prinosi vjerojatno neće biti najbolja strategija za većinu malih poljoprivrednika, jer je dvojbeno hoće li poljoprivrednici s ograničenim resursima, prije svega na tlima ograničene raspoloživosti P i/ili K, uz ograničenu mogućnost investiranja u proizvodnju, težiti maksimalnom prinosu,
- Također, [problematična je efikasnost osnovne gnojidbe P i K na tlima visoke fiksacijske moći za fosfor \(nizak ili visok pH tla\)](#) i kalij (teška, glinasta tla s 2:1 tipom glinenih minerala), ili na hladnim i vlažnim tlima,
- Svako gnojivo koje sadrži P i/ili K kad se primjenjuje predsjetveno mora biti dobro uneseno u površinski sloj tla, odnosno potrebna je adekvatna predsjetvena priprema (npr., drljanjem se ne postiže dovoljna dubina unosa gnojiva),
- Gnojidba prije obrade tla nije dobro prilagođena svim biljkama, posebno onima s manje rasprostranjenim korijenovim sustavima (npr., mrkva, zelena salata, krumpir itd.), jer je malo gnojiva na dohvata korijena.

Lokalizacija gnojiva može se izvršiti u tri faze uzgoja:

- Istovremeno s obradom tla prije sjetve u trake (*strip-till*) moguće je lokaliziranje velikih količina gnojiva. Dušik lokaliziran u trake najčešće čini $\frac{1}{5}$ do $\frac{2}{5}$ ukupne doze dušika, dok prema američkim istraživanjima na plodnim tlima, lokalizacija P i K gnojiva u trake ne predstavlja poseban agronomski interes, ali je uobičajeno i logično pri strip-till obradi gnojivo odmah inkorporirati u obrađene trake,
- Zajedno sa sjetvom kao *starter gnojivo* položeno u blizini sjemena, ali ipak dovoljno udaljeno od njega da se ne izazove solni stres (Slika 3.). [Starter gnojiva](#) sadrže najčešće dušik i fosfor, po potrebi kalij, sumpor, cink i dr., ubrzavaju razvoj te daju bolju otpornost biljaka na klimatske ekstreme, patogene i štetočine. Primjena startera preporučuje se u svim slučajevima kada je rast korijena usporen (npr., u hladnom tlu, u slučaju prekomjerne količine vode, pojavi štetočina ili korova) i
- Međuredno, za okopavine tijekom vegetacije (dok usjev nije suviše razvijen, odnosno prije „zatvaranja“ redova).



Slika 3. Polaganje startnog gnojiva (kukuruz)

Lokalizacija gnojiva uključuje tri osnovne metode:

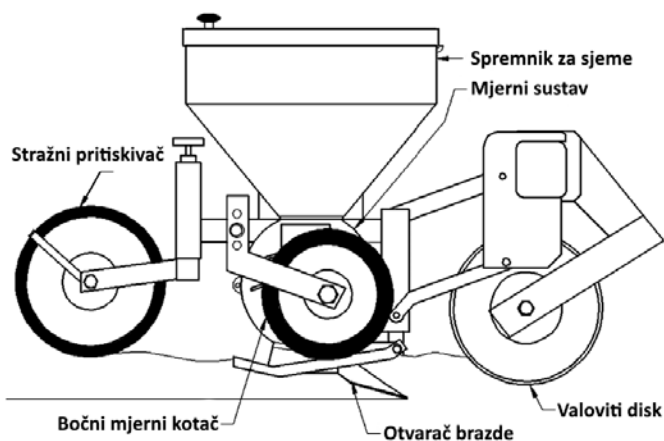
- Unos gnojiva u tlo na dubinu 5 - 15 cm (tzv. *deep bend*) u uski koncentrirani pojas, predstjetveno ili češće startno, najčešće bočno i/ili ispod sjemena. Također, moguće je unijeti zajedno sa sjetvom i dvije vrste gnojiva (Slika 1. desno, tzv. *split-boot*), obično N i P,
- Primjena čvrstog ili tekućeg gnojiva površinski prije ili nakon nicanja u uske trake (Slika 4.) i
- Tzv. točno ubrizgavanje u zonu ukorjenjivanja 10 do 15 cm duboko u intervalima od 20 cm.

Razvojem preciznih sijačica lokalizirana primjena gnojiva danas je uobičajena, naročito u razvijenim zemljama (Slika 5.). [Naime, najnovija dostignuća u razvoju sijačica s kontrolom otvarača za gnojivo, u reduciranoj obradi tla dopuštaju primjenu visokih doza N i P koje treba smjestiti u neposrednoj blizini sjemena tijekom sjetve.](#)



[Takve sijačice precizno odvajaju gnojivo od sjemena što je presudno za sjetvu sitnozrnih biljaka, npr. uljane repice i suncokreta,](#) a poznato je da su uljarice vrlo osjetljive na oštećenja ako je gnojivo u kontaktu sa sjemenom.

Primjena male količine gnojiva u blizini sjemena, [posebno starter gnojiva](#) zajedno sa sjetvom, potiče rani porast biljaka, kao i jačanje energije klijanaca i presadnica. Ipak, starter gnojivo mora se koristiti oprezno jer mnoge su kulture osjetljive na sjeme stavljeno gnojivo i može podnijeti samo niske stope u blizini sjemena.



Slika 5. [Modificirana precizna vakuumska no-till sijačica za kukuruz i soju](#)

[Prema američkim iskustvima \(ist. i sred. Kansas\) u primjeni strip-till obrade, polaganje gnojiva na 13 - 15 cm dubine i sjetveni red udaljen 10 cm od trake gnojiva omogućio je ranije datume sjetve kukuruza, brži rani porast i konačno viši prinos zbog ranijeg formiranja svile i oprašivanja prije sušne sezone te konačno dulje vegetacijske sezone.](#) Istovremeno, sjetva na 20 i 38 cm od gnojidbenih traka nije pokazala niti jednu korist koja se obično povezuje sa sustavom obrade traka. Važno je napomenuti da su poljoprivrednici ovakvom praksom riješili problem erozije na glinastim tlima zbog ograničene infiltracije vode, povećane vlage i niže temperature ispod žetvenih ostataka prethodnog usjeva. Dakle, *strip-till*

obrada tla omogućava da žetveni ostaci ([sve češće i povaljani zimski pokrovni usjevi mahunarki; tzv. biološki ili živi malč; living mulch](#)) ostanu na većem dijelu polja radi zaštite od erozije, a obrađeni dio u zoni sjetve da se zagrije i osuši, dok unos gnojiva bliže biljkama povećava njegovu učinkovitost. Praksa *strip-till* obrade je vrlo pogodna na tlima gdje se ne preporučuje osnovna gnojidba zbog suviše vlažnog tla ili visoke jesenske temperature tla [kako bi se izbjegli gubici dušika denitrifikacijom](#). Obrada tla za [formiranje sjetvenih traka mora biti obavljena dovoljno rano tako da se postigne dobra sjetvena podloga, inače se prinosi mogu smanjiti u odnosu na uobičajenu obradu tla.](#)

Strip-till obrada uz istovremeno inkorporiranje gnojiva u trake zahtijeva primjenu tehnologije za automatsko navođenja (*GPS* i *auto-upravljač*) kako bi se precizno obavila sjetva u odnosu na prethodno formirane gnojidbene trake. Naime, sjetva bez preciznog navođenja sijačice često nije dobra odluka jer trake gnojiva mogu biti pomjerene iz više razloga pa sjeme pozicirano suviše blizu gnojivu može biti izloženo visokoj razini gnojiva, odnosno *solnom stresu* i/ili toksičnosti amonijaka. U suprotnom, sjetva predaleko od traka gnojiva

može umanjiti prednosti ovog sustava obrade tla (toplije tlo, očišćeni žetveni ostaci i brzi kontakt gnojiva i korijena).

Općenito, primjena fosfora u trake prema američkim iskustvima ima bolji učinak od uobičajene primjene pod brazdu, ali se razlike između metoda gnojidbe obično smanjuju s povećanjem P-doze ili povećanjem raspoloživosti fosfora. Međutim, čak i pri visokoj raspoloživosti fosfora, razlike mogu biti značajne u korist primjene u trake na hladnim i teškim tlima, u optimiziranim uvjeti uzgoja i bez pojave solnog stresa. Stoga, zapravo ne postoji najbolja metoda primjene fosfora, a izbor treba uskladiti s uvjetima na terenu, opskrbljenosti i fizikalno-kemijskim svojstvima tla, usjevom, vremenom primjene, raspoloživom opremom i ostalim faktori upravljanja proizvodnjom.

Važno je naglasiti da kad se *lokalizirana primjena gnojiva* izvodi neprecizno, često je prijetnja klijanju, nicanju i ranom porastu biljaka, posebice u sušnim uvjetima. [Osim solnog udara \(solni stres\) kod primjene P i K gnojiva, urea može u ranim fazama djelovati pogubno na metabolizam mladih biljaka](#) pa ju je mudro koristiti samo u prihrani biljaka s razvijenom asimilacijskom površinom, najbolje međuredno inkorporiranu u tlo, [ili kao otopinu uree \(ili UAN-a\)](#). Naime, hidroliza uree je uz dovoljno vlage i topline vrlo brz proces, neovisno je li mineralnog ili organskog podrijetla, a [N-NH₄ kod niske razine metabolizma djeluje toksično na biljke](#). Zbog toga ureu treba primijeniti kao osnovno gnojivo, u prihrani fotosintetski aktivnih biljaka, ili predstjetveno [kad je urea unesena u tlo dovoljno dugo da se transformira do nitratnog dušika](#), a u startnoj gnojidbi i u prvoj N-prihrani mudro je koristiti nitratni ili amonijsko-nitratni oblik dušika (npr. Ca-nitrat, KAN-a ili AN-a), uvijek uz potreban oprez, odnosno primjenu ograničene N-doze na dovoljnoj udaljenosti od sjemena, odnosno mladih biljaka.

U Osijeku, 03. svibnja 2020.