

Gnojidba soje

Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović

Soja, u odnosu na kukuruz, sadrži ~50 % više energije po kilogramu sjemena što s fiziološkog aspekta, zbog štetnog procesa [fotorespiracije \(tzv. Warburgov efekt\)](#) je smanjenje neto fotosinteze za 1/3 (manje učinkovit C3 tip u odnosu na kukuruz s C4 tipom fotosinteze). Premda soja, unutar grupe C3 tipa fotosinteze, ima relativno visok fotosintetski potencijal (tvorba i do 100 kg sjemena dan⁻¹) koji održava prosječno 30 dana tijekom nalijevanja zrna (i dulje kad je temperatura niža), relativno niži kapacitet fotosinteze i nedostatak vode u tom periodu glavni su faktori limita neto fotosinteze (akumulacije suhe tvari). Također, još uvijek nema znanstvene potvrde što je stvarni faktor ograničenja prinosa soje, njen kapacitet fotosinteze ([source](#)) ili kapacitet akumulacije asimilata ([sink](#)), odnosno mogućnost akumulacije asimilata u zrnu.

Budući da produktivnost fotosinteze ovisi o djelotvornosti sustava *source* ↔ *sink*, dakle odnosa između fotosintetskih procesa te mjesta potrošnje asimilata, ili njihove pohrane, jasno je kako u tom procesu postoje ograničenja tvorbe prinosa soje. Npr., povećanjem konc. CO₂ u atmosferi raste prinos soje, a *defolijacija* (gubitak lisne površine), suša i onečišćenje zraka ozonom ([troposferski ozon, tzv. fotokemijski smog](#)) uzrokuje pad prinosa. Također, uz neke iznimke, smatra se da soja formira dovoljno sjemena za postizanje visokih prinosa, ali nije u mogućnosti održati adekvatan broj mahuna ili pak nedovoljno nalijeva zrna tijekom kritičnih fenofaza (R5 - R6, Slika 1.). Istovremeno, premda indeks lisnatosti soje najčešće omogućuje visoke prinose ([lisna pokrovnost, LAI = Leaf Area Index](#)), korijenov sustav ne omogućuje usvajanje dovoljno vode za održavanje visoke rate fotosinteze.



R5 (formiranje sjemena)

R6 (nalijevanje sjemena)

Slika 1. [Kritične \(reproduktivne\) faze tvorbe prinosa soje](#)

Kapacitet fotosinteze, svih biljaka, pa tako i soje, u čvrstoj je korelaciji s opskrbljenošću elementima ishrane, posebice dušikom te je dobra N ishrana temelj njene visoke neto fotosinteze. Soja zahtijeva relativno visoku količinu glavnih elemenata ishrane, posebice dušika, pa tako iznosi zrnom približno 60 kg N, 25 kg P₂O₅ i 50 kg K₂O po toni, odnosno za prinos zrna od 4 t ha⁻¹ potrebno je ~240 kg N ha⁻¹, 100 kg P₂O₅ ha⁻¹ i 200 kg K₂O ha⁻¹. *Bakterizirana soja* (s razvijenim kvržicama/nodulama [rizobijalnih bakterija](#) može tijekom vegetacije vezati iz atmosfere do 200 kg N ha⁻¹ te gnojdbenu N-dozu treba umanjiti za određeni iznos ([ovisno o intenzitetu nodulacije, duljini aktivnosti kvržičnih bakterija, pH tla, raspoloživosti vode, željeza, molibdena, bakra i kobalta u tlu](#)).

Bradyrhizobia japonicum prodire u korijen (*epidermalne stanice* rastuće zone korijena s nepotpuno formiranim korijenskim dlačicama) i formira kvržice/*nodule* kojima veže atmosferski molekularni dušik (N₂). Kvržice su zrele i maksimalno funkcionalne nakon 28 - 37 dana od infekcije i nakon toga postupno degeneriraju (što se zapaža gubitkom crvene boje bakterijskog pigmenta/*leghemoglobina* na njihovom presjeku) u vremenu 50 - 60 dana od infekcije.

Nova istraživanja pokazuju da je moguće uvećati broj kvržica sa simbiotskim N-fiksatorima na korijenu soje tako da se, pored uobičajenog načina predstetvene inokulacije sjemena, biljke prskaju bakterijskim pripravcima tijekom vegetacije (fenofaze V1, V3, V6, R1 ili R3), a [bolja nodulacija rezultirala je povećanjem prinosa za gotovo 30 %](#). Naravno, takva metoda dodatno smanjuje potrebu za mineralnim dušikom, čini uzgoj soje znatno profitabilnijim i postavlja pitanje može li se

povećati prinos soje uz smanjenje mineralnu gnojivu. S druge strane, poznato je kako je teško kreirati sorte soje s visokom razinom proteina (regulirano s više gena na različitim lokacijama DNA soje) i ujedno visokim prinosom, jer su ta dva svojstva u negativnoj korelaciji [pa uz viši prinos soja sadrži manje proteina](#), što dodatno komplicira pitanja vezana uz gnojidbu soje.

U svom dugom istraživačkom radu često sam se susretao s različitim modelima gnojidbe soje u RH i susjednim zemljama, a moja vlastita istraživanja te provjera različitih proračuna gnojidbe upućuju na primjenu nižih N-doza, bitno manji od ukupnog iznošenja dušika sojom. U jednoj zanimljivoj raspravi od prije nekoliko godina, akademik [R. Kastori](#) mi je postavio pitanje jesam li ikad vidio *bakteriziranu* soju koja je na plodnom tlu dala veći prinos u odnosu na *nebakteriziranu*. Odgovorio sam mu da se na plodnom tlu, gdje su u prethodnom periodu uzgajane mahunarke, takva razlika često ne može utvrditi. Naime, [plodno tlo sadrži aktivne, rezistentne i dobro adaptirane sojeve rodova Rhizobium, Sinorhizobium i Bradyrhizobium](#) koji omogućuju visok iznos N-fiksacije. *Međutim, cijena bakteriziranog sjemena nije toliko visoka da bi se poljoprivredni proizvođač izložio riziku slabe nodulacije soje i izostanku N-fiksacije.*

Naravno, soja i dalje zahtijeva za prinos od $4 \text{ t ha}^{-1} \sim 240 \text{ kg N ha}^{-1}$ koju treba umanjiti za količinu raspoloživog N iz simbiotske fiksacije kvržičnim bakterijama i mineralizacije organske tvari tla (mobilna frakcija humusa, žetveni ostaci, rezidualni dušik predusjeva). *Također, uzgajivači soje moraju znati da samo simbiotska N-fiksacija, ma koliko bila izdašna, nije dovoljna za postizanje visokog prinosa soje, jer u ranom porastu (u prosjeku prvih 30-ak dana) soja neće imati dovoljno dušika za brzi porast.*

[Očekivana količina raspoloživog dušika iz procesa mineralizacije organske tvari i mikrobiološke fiksacije molekularnog dušika može znatno varirati](#) obzirom na fizikalno-kemijska (pH, humus, Fe, Mo, Cu, Co itd.) i mikrobiološka svojstva tla (uzgoj mahunarki u prethodnih nekoliko godina, jaka suša, [plavljenje, erozija](#), onečišćenje tla i dr.), vremenske uvjete (temperatura i vlaga tla), kao i plodnost tla (raspoloživost biogenim elementima, struktura, tekstura, visine prinosa usjeva u prethodnom periodu itd.). Svaki od navedenih čimbenika prinosa soje može značajno utjecati na visinu i kvalitetu prinosa i treba ga uvažiti pri proračunu gnojidbe.

Budući da su ekonomičnost i profitabilnost proizvodnje u suvremenoj poljoprivredi ekonomski prioritet, [povećanje doza gnojiva opravdano je sve dok je rast prinosa rentabilan te ona mora biti usuglašena s potrebama biljke, odnosno biološki i ekonomski moćem prinosu, plodnosti tla i agroekološkim uvjetima proizvodnje](#) (Tablica 2.).

Tablica 1. Preporuka [najviše gnojidbene doze za neke usjeve](#) za područje istočne Hrvatske u konvencionalnoj i integriranoj biljnoj proizvodnji

Usjev	N (kg/ha)		P ₂ O ₅ (kg/ha)		K ₂ O (kg/ha)	
	Konv.	Integ.	Konv.	Integ.	Konv.	Integ.
Soja	135	115	140	125	160	140
Suncokret	160	145	140	125	175	155
Pšenica ozima	170	150	140	125	180	160
Šećerna repa	170	150	140	120	250	225
Krumpir	210	180	140	125	200	180
Kukuruz	210	180	150	130	225	200

U Osijeku, 3. svibnja 2018.