

## 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<sup>-1</sup>) 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. CO<sub>2</sub> 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 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i 50 kg K<sub>2</sub>O po toni, odnosno za prinos zrna od 4 t ha<sup>-1</sup> potrebno je ~240 kg N ha<sup>-1</sup>, 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> i 200 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>. *Bakterizirana soja* (s razvijenim kvržicama/nodulama [rizobijalnih bakterija](#) može tijekom vegetacije vezati iz atmosfere do 200 kg N ha<sup>-1</sup> 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 (N<sub>2</sub>). 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 Bradyrizobium](#) 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha) |            | K <sub>2</sub> O (kg/ha) |            |
|---------------|------------|------------|---------------------------------------|------------|--------------------------|------------|
|               | Konv.      | Integ.     | Konv.                                 | Integ.     | Konv.                    | Integ.     |
| <b>Soja</b>   | <b>135</b> | <b>115</b> | <b>140</b>                            | <b>125</b> | <b>160</b>               | <b>140</b> |
| 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.