

ISSN 0370-0291, UDC 63



CROATIA

---

**AGRICULTURAE  
CONSPECTUS  
SCIENTIFICUS**

**POLJOPRIVREDNA  
ZNANSTVENA  
SMOTRA**

---

VOLUMEN 63 BROJ 1-2 1998

<http://www.agr.hr/smotra/>

## Estimation of Symbiotically Fixed Nitrogen in Soybean Depending on Nitrogen Fertilization

---

ANA POSPIŠIL

### SUMMARY

---

Objectives of investigations were to determine optimal nitrogen rates for the highest soybean seed yield, compare reaction of nodulating and nonnodulating soybean varieties to nitrogen fertilization and estimate the amounts of symbiotically fixed nitrogen depending on nitrogen rates. Estimation of the amounts of symbiotically fixed nitrogen was done using the nitrogen contents in soil before and after the vegetation and nitrogen contents in whole plants of nodulating and nonnodulating varieties.

Nitrogen fertilization (0, 153, 306 and 459 mg N/pot) had significant influence on straw dry matter yield. The highest soybean seed yields in 1991 were obtained at 306 and 459 mg N/pot, but in 1992 nitrogen fertilization had no influence on soybean seed yield.

In 1991 nitrogen fertilization increased the nitrogen content in straw with pods' walls. Nodulating variety Zagrepčanka had in 1991 higher nitrogen content in straw with pods' walls but in 1992 differences between varieties were not significant.

Nitrogen fertilization had no influence on nitrogen content in soybean seeds, and nodulating variety had higher nitrogen content in seeds in both years.

In 1991 the higher amounts of symbiotically fixed nitrogen (573 mg N/plant) was obtained at 306 mg N/pot but difference between 153, 306 and 459 mg N/pot were not statistically significant. In 1992 nitrogen fertilization had no influence on symbiotic fixation but amount of symbiotically fixed nitrogen decline at higher nitrogen rates.

### KEY WORDS

---

**soybean, nitrogen fertilization, symbiotic fixation**

Department of Field crops, Forages, Grassland  
Faculty of Agriculture University of Zagreb  
Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Croatia  
Received: July 12, 1997



## Procjena količine simbiozno vezanog dušika u usjevu soje s obzirom na hranidbu dušikom

---

ANA POSPIŠIL

### SAŽETAK

---

Cilj istraživanja bio je utvrditi optimalnu količinu dušika za postizanje najvećeg prinosa soje, usporediti reakciju nodulirajućeg i nenodulirajućeg kultivara na gnojidbu dušikom te procijeniti kod koje količine dušičnog gnojiva je količina simbiozno vezanog N<sub>2</sub> najveća, odnosno kolika je mogućnost biološke fiksacije u datim agroekološkim uvjetima. Procjena količine simbiozno vezanog dušika obavljena je uzimanjem u obzir količine dušika u tlu na početku i na kraju vegetacije te količine ukupnog dušika nodulirajućeg i nenodulirajućeg kultivara.

Istraživane količine dušika (0, 153, 306 i 459 mg N/loncu) u obje godine istraživanja značajno su povećale masu suhe tvari stabljike s mahunama. Najveća masa suhe tvari sjemena ostvarena je 1991. godine gnojidbom s 306 i 459 mg N/loncu dok 1992. godine gnojidba dušikom nije značajno utjecala na masu suhe tvari sjemena po loncu.

U 1991. godini gnojidba dušikom značajno je povećala koncentraciju dušika u stabljici s mahunama soje dok 1992. godine nije utvrđen utjecaj istraživanih količina dušika na koncentraciju dušika u stabljici s mahunama. Nodulirajući kultivar Zagrepčanka ostvario je 1991. godine veću koncentraciju dušika u stabljici s mahunama dok 1992. godine razlike između kultivara nisu bile opravdane.

Gnojidba dušikom nije imala značajan utjecaj na koncentraciju dušika u sjemenu soje, a nodulirajući kultivar u obje godine istraživanja ostvario je veću koncentraciju dušika u sjemenu soje.

U 1991. godini najveća količina simbiozno vezanog dušika (573 mg N/biljci) ostvarena je gnojidbom s 306 mg N/loncu, ali se nije statistički opravdano razlikovala od gnojidbe sa 153 i 459 mg N/loncu. U 1992. godini gnojidba dušikom nije imala statistički opravdan utjecaj na količinu simbiozno vezanog dušika iako je vidljiv pad fiksacije s povećanjem dodanog dušika.

### KLJUČNE RIJEČI

---

**soja, gnojidba dušikom, vezanje atmosferskog dušika**

Zavod za specijalnu proizvodnju bilja  
Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu  
Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Hrvatska  
Primljeno: 12. srpnja 1997.



## UVOD

Soja /*Glycine max* (L.) Merr./ prema kemijskom sastavu sjemena značajan je izvor bjelančevina i ulja te iz toga proizlazi i njena gospodarska važnost. S obzirom na stalno povećavanje stanovništva svijeta uz istovremeno smanjivanje poljoprivrednih površina, soja predstavlja jedan od izvora za prevladavanje gladi u nerazvijenim zemljama i očekuje se da će se korištenje proizvoda od soje u ljudskoj ishrani znatno povećati.

Zbog toga soja je predmetom brojnih istraživanja u svijetu i kod nas. S obzirom da dušik spada među najvažnija biljna hraniva i najčešće je limitiran, najveći broj istraživanja odnosi se na odnos soje i dušika te utjecaj dušika na prinos i njegove komponente.

Soja za svoj rast i razvoj koristi dušik iz tla, dušik dodan gnojivima, a značajan dio svojih potreba za dušikom podmiruje iz simbioznog odnosa s bakterijom *Bradyrhizobium japonicum*.

Negativan utjecaj nitrata na stvaranje kvržica kod soje predmet je brojnih istraživanja, ali sam mehanizam inhibicije još nije potpuno razjašnjen. Utvrđeno je da nitrati odvojeno inhibiraju najmanje četiri aspekta stvaranja kvržica kod leguminoza. To su: infekcija korijenovih dlačica, razvoj kvržica, aktivnost nitrogenaze i cjelovitost bakteroida (Munns, 1977).

Primjena dušičnih gnojiva nepovoljno djeluje na formiranje kvržica tj. na njihov broj i masu, te inhibira fiksaciju dušika (Hardarson et al. 1984.b, Trang and Giddens, 1980., Varga i sur. 1988., Redžepović et al. 1991)

Na količinu simbiozno vezanog dušika jak utjecaj imaju: kultivar, količina dodanog dušika, soj *Bradyrhizobium*-a, te interakcija između kultivara i soja *Bradyrhizobium*-a. Utvrđeno je da kod nekih sojeva količina simbiozno vezanog dušika ne opada s povećanjem količine dodanog dušičnog gnojiva (Senaratne et al., 1987).

U istraživanju odnosa soje i *Bradyrhizobium japonicum* problem predstavlja i metoda određivanja količine simbiozno vezanog dušika. Istraživači uglavnom koriste tri metode: acetilensku redukciju, razrjeđenje izotopa korištenjem  $^{15}\text{N}$  dodanog u tlo i razliku u akumulaciji dušika između testiranih biljaka i nenodulirajuće kontrole.

Na osnovi tih metoda brojni istraživači su procjenjivali udio simbiozno vezanog dušika u ukupno usvojenom dušiku. Ham and Caldwell (1978) navode da je ovisno o količini dodanog mineralnog dušika količina simbiozno vezanog dušika varirala od 76 do 152 kg/ha, a Hardarson et al. (1984.a) navode da soja može 40-60% svojih potreba zadovoljiti simbiozno vezanim dušikom.

Utvrđivanje optimalne količine mineralnog dušika za postizanje maksimalnog prinosa sjemena soje je od velike, ne samo znanstvene, nego i ekonomske i ekološke važnosti, s obzirom da se za proizvodnju mineralnih gnojiva troše velike količine energije i da prevelike količine dušika negativno djeluju na okolinu.

Cilj istraživanja bio je:

1. utvrditi optimalnu količinu dušika za postizanje najvećeg prinosa soje;
2. usporediti reakciju nodulirajućeg i nenodulirajućeg kultivara na gnojidbu dušikom
3. procijeniti kod koje količine dušičnog gnojiva je količina fiksiranog  $\text{N}_2$  najveća, odnosno kolika je mogućnost biološke fiksacije u datim agroekološkim uvjetima

## PREGLED LITERATURE

Kako je fiksacija dušika iz zraka u uskoj vezi s koncentracijom dušika u tlu, brojni autori izučavali su koja je optimalna količina dodanog dušika u gnojidbi soje, kod koje se postiže maksimalna simbiozna fiksacija i najveći prinos sjemena.

Allos and Bartholomew (1958), utvrdili su da je kod soje količina ukupno usvojenog dušika (korijen i nadzemni dio biljke) rasla s povećanjem količine dodanog dušika, a količina simbiozno vezanog dušika se smanjivala od 100% kod varijante bez dodanog dušika do 79% kod gnojidbe s 800 mg N/loncu. Također je utvrđeno da je sposobnost fiksacije dušika iz zraka povezana s veličinom biljaka i masom suhe tvari.

Dvije izolirane, jednake u svim svojstvima osim u sposobnosti uspostavljanja simbioznog odnosa s *Bradyrhizobium japonicum*, mogu poslužiti za utvrđivanje količine simbiozno vezanog dušika. Weber (1966), na području Lowe (SAD), utvrdio je da su s povećanjem količine dušika kod nenodulirajuće linije povećani prinos sjemena i suhe tvari, te sadržaj bjelančevina u sjemenu. Nodulirajuća linija slabo je reagirala na povećanje količine dušika. Kad je linijama bila pristupačna dovoljna količina dušika, svi parametri osim nodulacije bili su uglavnom jednaki i kod nodulirajućih i kod nenodulirajućih linija.

Deibert et al. (1979), na području Nebrasce (SAD), utvrdili su da gnojidba dušikom (45, 89 i 134 kg N/ha) nije imala značajan utjecaj na prinos i na sadržaj dušika i ulja u sjemenu nodulirajuće izolirane, ali je kod nenodulirajuće izolirane uzrokovala značajno povećanje. Količine dušika iznad 45 kg/ha primjenjene u sjetvi uzrokovala su smanjenje simbiozno vezanog dušika za 26 do 48%.

Da bi što točnije procijenili količinu simbiozno vezanog dušika, istraživači istovremeno koriste nekoliko metoda. Kohl et al. (1980), na području Illinoisa (SAD), utvrdili su da je na tlu bez gnojidbe količina fiksiranog dušika bila visoka i iznosila je 58 do 89% na osnovi metode razlike između nodulirajuće i nenodulirajuće izolinije i 51 do 95% kod metode razlike u količini  $^{15}\text{N}$ . Objema metodama utvrđeno je da s povećanjem količine dodanog dušičnog gnojiva količina simbiozno vezanog dušika opada. Autori su utvrdili da su obje metode procjene fiksiranog dušika dale slične rezultate i standardna pogreška je bila ista (6% na osnovi prosjeka).

Patterson and LaRue (1983), na području države New York (SAD), procjenjivali su količinu simbiozno vezanog dušika metodom acetilenske redukcije, metodom izotopa i uspoređujući nakupljanje ukupnog dušika kod nodulirajućih i nenodulirajućih linija. Utvrdili su da se nodulirajuće i nenodulirajuće linije razlikuju u usvajanju dušika iz tla s obzirom da je  $^{15}\text{N}$  bio jednako pristupačan objema linijama. Utvrđena je korelacija između količine ukupnog dušika biljke i metoda procjene simbiozno vezanog dušika. Između svih metoda je postojala korelacija. Metodom acetilenske redukcije procijenjeno je 36% od količine procijenjene metodom razlike i 33% od količine procijenjene metodom izotopa.

Prinos sjemena soje, kao osnovni pokazatelj na osnovi kojeg se utvrđuje ekonomska vrijednost nekog kultivara te efikasnost korištenja gnojiva, također je predmet brojnih istraživanja. Welch et al. (1973), koristeći kultivare Chippewu i Amsoy utvrdili su da dodane količine dušika od 45 i 90 kg N/ha nisu imale utjecaja na značajno povećanje prinosa soje. Bertić i sur. (1991), u trogodišnjim su istraživanjima u uvjetima istočne Slavonije utvrdili pozitivan utjecaj prihrane dušikom i to više u kombinaciji NPK s manjom dozom dušika (15 kg/ha), a manje u čistom obliku (KAN-25 kg N/ha) na prinos sjemena soje.

Hardarson et al. (1984b), na području su Austrije utvrdili da povećanjem gnojidbe s 20 na 100 kg N/ha opada masa kvržica i količina simbiozno vezanog  $\text{N}_2$ . Istovremeno, prinos sjemena bio je značajno veći kod gnojidbe sa 100 kg N/ha.

Afza et al. (1987), na području Austrije utvrdili su da je gnojidba dušikom od 40 kg N/ha u fazi formiranja mahuna uzrokovala značajno povećanje prinosa sjemena soje u odnosu na kontrolu gnojenu samo s 20 kg N/ha u vrijeme sjetve i to za 37-40%. Povećan je i prinos suhe tvari za 11-25%. Dodavanje 40 kg N/ha u fazi nalijeivanja mahuna nije značajno utjecalo na količinu simbiozno vezanog dušika. Međutim, količina od 80 kg N/ha u istom stadiju razvoja značajno je smanjila količinu fiksiranog dušika.

Senaratne et al. (1987), u pokusima u stakleniku utvrdili su da s povećanjem dušične gnojidbe s 20 na 100 kg N/ha opada količina simbiozno vezanog dušika. Međutim, kod nekih sojeva *Rhizobium*-a nije utvrđen pad količine fiksiranog dušika s povećanjem gnojidbe.

Imsande (1989), utvrdio je da su inokulirane biljke soje, koje su imale veću simbioznu fiksaciju dušika tijekom nalijeivanja mahuna, u zriobi imale veću biomasu, veći sadržaj dušika i krupnije sjeme nego neinokulirane ili biljke sa slabo razvijenim kvržicama zbog prevelike količine nitrata. Masa biljaka, sadržaj dušika i masa 1000 sjemenki nodulirajućih biljaka raslih u polju bez gnojidbe dušikom bili su značajno veći nego kod nenodulirajućih biljaka gnojnih umjerenom količinom dušika.

Djelovanje prihrane dušikom u  $\text{V}_3$  i  $\text{R}_2$  stadiju razvoja soje na masu suhe tvari kvržica *Bradyrhizobium japonicum* te prinos sjemena soje bio je predmet istraživanja Varge i sur. (1988) na pokušajistu Agronomskog fakulteta u Zagrebu. U uvjetima dobro razvijenog simbioznog odnosa soje s *Bradyrhizobium japonicum* prihrana s 56.25, 111.5 i 187.5 kg N/ha depresivno je djelovala na suhu tvar kvržica, a nije djelovala na povećanje prinosa sjemena soje.

Istraživanje utjecaja inokulacije HUP<sup>+</sup> sojevima *Bradyrhizobium japonicum* i *Sinorhizobium fredii* na fiksaciju  $\text{N}_2$  i prinos sjemena soje proveli su u poljskim pokusima na području Hrvatske Redžepović i sur. (1992). Autori su utvrdili da je inokulacija sjemena imala značajno pozitivan utjecaj na prinos sjemena u odnosu na kontrolu. Sadržaj bjelančevina u sjemenu soje bio je značajno veći kod inokulacije sjemena HUP<sup>+</sup> sojevima.

Redžepović i sur. (1990.a), na području Nove Topole, utvrdili su da inokulacija ima značajan utjecaj na broj i masu suhe tvari kvržica te na prinos sjemena soje, a ustanovljene su i značajne razlike između različitih sojeva.

Redžepović i sur. (1990.b), na području Lipovljana, zaključili su da povećane količine mineralnog dušika reduciraju broj i masu kvržica, ali nisu značajno utjecale na povećanje prinosa i sadržaja bjelančevina u sjemenu soje. Inokulacija sjemena pozitivno je djelovala na povećanje prinosa i veći sadržaj dušika u biljci, te na sadržaj bjelančevina u sjemenu soje.

Bouniols et al. (1990), u trogodišnjim su pokusima na više lokacija utvrdili da gnojidba dušikom može nadomjestiti nedostatak fiksiranog dušika, ali se prinos sjemena soje nije značajnije promijenio pod utjecajem dodatnog dušika u tlu. Udio simbiozno fiksiranog dušika u sadržaju ukupnog dušika u biljnoj masi bio je pod utjecajem ekoloških uvjeta ili plodnosti tla.

Zajedničko djelovanje inokulacije različitim sojevima *Bradyrhizobium japonicum* i gnojidbe dušikom na simbioznu fiksaciju  $N_2$  istraživali su u dvogodišnjim pokusima Redžepović i sur. (1991). Povećane količine mineralnog dušika uzrokovale su smanjenje mase suhe tvari kvržica soje, ali su povećale masu 1000 sjemenki. Inokulacija sjemena imala je signifikantan utjecaj na prinos sjemena soje. U 1989. godini primjena dušičnog gnojiva uzrokovala je signifikantno manji prinos sjemena soje dok je 1990. godine najveći prinos dobiven gnojidbom sa 180 kg N/ha, ali između 180 i 60 kg N/ha nije utvrđena signifikantna razlika.

Na osnovi navedenih istraživanja može se zaključiti da je za maksimalni prinos soje uz simbiozno vezani dušik i dušik iz tla, potreban i dušik iz gnojiva te je za pojedina područja i različite tipove tla potrebno utvrditi optimalnu količinu dušičnog gnojiva.

## MATERIJAL I METODE

Istraživanja su provedena kroz vegetacijski pokus postavljen u stakleniku Zavoda za opću proizvodnju bilja Agronomskog fakulteta u 1991. i 1992. godini.

U istraživanju su bile četiri razine gnojidbe dušikom: 0, 153, 306 i 459 mg N/loncu primjenjene prije sjetve 70% i u punoj cvatnji tj.  $R_2$  stadiju razvoja soje (Fehr et al. 1971) 30%.

Varijante gnojidbe bile su slijedeće:

1. 0 mg N/loncu kontrola sa steriliziranim tlom
2. 0 mg N/loncu kontrola s nesteriliziranim tlom
3. 107,10 mg N/loncu prije sjetve + 45,90 mg N/loncu u prihrani
4. 214,20 mg N/loncu prije sjetve + 91,80 mg N/loncu u prihrani
5. 321,30 mg N/loncu prije sjetve + 137,70 mg N/loncu u prihrani

Vegetacijski pokus bio je dvofaktorijelan, a postavljen je u tri ponavljanja. U vegetacijskom pokusu sijani su nodulirajući kultivar soje Zagrepčanka i izolinija W 64a koja nema mogućnost uspostavljanja simbioznog odnosa s *Bradyrhizobium japonicum*, a iste su dužine vegetacije. Svaki kultivar sijan je u zaseban vegetacijski lonac i nakon nicanja u loncu su ostavljene po dvije biljke radi boljeg iskorištenja vegetacijskog prostora. Vegetacijski lonci bili su zapremine 6800 cm<sup>3</sup>, a punjeni su sa 6 kg suhog tla. Za kontrolnu varijantu tlo je sterilizirano u autoklavu na 121°C kod pritiska od 1 atmosfere.

U kombinacijama 2-5 obavljena je inokulacija sjemena kultivara Zagrepčanka s *Bradyrhizobium japonicum*,

soj D 344, iz Zavoda za mikrobiologiju Agronomskog fakulteta u Zagrebu.

U loncima bez gnojidbe dušikom s izolinijom W 64 a ukupni dušik rezultat je usvajanja dušika iz tla, a kod kultivara Zagrepčanka ukupni dušik rezultat je usvajanja dušika iz tla i simbiozne fiksacije. Procijenjena količina simbiozno vezanog dušika u loncu s kultivarom Zagrepčanka dobivena je nakon provedenih analiza ukupnog dušika biljke (zasebno korijen, a zasebno nadzemni dio - stabljika s mahunama bez sjemena i sjeme). Prije i nakon sjetve u loncu određen je sadržaj ukupnog mineralnog dušika u tlu. Iste analize biljaka i tla provedene su i u loncu sa zasijanom izolinijom W 64a.

Kod kombinacija gnojidbe ukupni dušik kultivara Zagrepčanka rezultat je apsorbacije dušika iz tla, korištenja dodanog dušika iz gnojiva te dušika koji je rezultat simbiozne fiksacije. Procjena količine simbiozno vezanog dušika kod kultivara Zagrepčanka dobivena je oduzimanjem iskorištene količine dušika iz tla od ukupnog dušika biljke na kraju vegetacije. Koristeći metodu koju navode Hardarson et al. (1984.b) procjena je obavljena i oduzimanjem ukupnog dušika nenodulirajućeg kultivara W64a od ukupnog dušika nodulirajućeg kultivara Zagrepčanka. Treći način procjene obavljen je metodom koju navode Kohl et al. (1980) gdje je udio fiksiranog  $N_2$  u ukupnom dušiku nodulirajućeg kultivara izračunat pomoću sljedeće formule:

$$\%N_2 = \frac{x - y}{x} \times 100$$

gdje je:

- x - ukupni dušik kultivara Zagrepčanka
- y - ukupni dušik kultivara W64a.

Prije postavljanja vegetacijskog pokusa uzeti su uzorci tla za određivanje ukupnog mineralnog dušika. U fazi zrelosti, biljke su izvađene iz lonaca te su određeni broj mahuna, broj sjemenki, masa suhe tvari stabljike s mahunama i masa suhe tvari sjemena. Također je određena koncentracija dušika u korijenu, stabljici s mahunama i u sjemenu.

Svi biljni materijali sušeni su na 70°C. Kemijske analize napravljene su 1990. i 1991. godine, na aparatu Technicon infraalyzer 450 u Duhanskom institutu u Zagrebu, a 1992. u Zavodu za ishranu bilja Agronomskog fakulteta u Zagrebu, metodom po Kjeldahlu.

Dobiveni podaci obrađeni su analizom varijance primjenom kompjutorskih programa (Microsoft Excel 5.0 i Mstatc).

## REZULTATI I RASPRAVA

### Prinos sjemena soje i komponente prinosa

U 1991. godini gnojidbom s dvije najveće količine dušika postignut je najveći broj mahuna, te broj i masa sjemena po loncu, a 1992. godine gnojidba dušikom nije imala utjecaja na broj mahuna, broj i masu sjemena po loncu (tablice 1, 2 i 4).

Nodulirajući kultivar Zagrepčanka u obje godine istraživanja ostvario je znatno veći broj mahuna i sjemenki po loncu (tablice 1 i 2).

### Sadržaj suhe tvari i koncentracija dušika u stabljici s mahunama te sjemenu soje

U obje godine istraživanja utvrđen je signifikantan utjecaj gnojidbe na masu suhe tvari stabljike s mahunama (tablica 3). U 1991. godini gnojidbom već

i s najmanjom istraživanom količinom dušika (153 mg N/loncu) ostvarena je značajno veća masa suhe tvari stabljike s mahunama (12,05 g) u odnosu na varijante bez gnojidbe dok je 1992. godine jedino najvećom količinom dodanog dušika (459 mg N/loncu) ostvareno znatno povećanje mase suhe tvari u odnosu na negnojene varijante. Oliveira et al. (1991) gnojidbom dušikom nisu dobili značajno povećanje suhe tvari stabljike, a ni povećanje prinosa sjemena soje.

S dvije najveće gnojidbe (306 i 459 mg N/loncu) 1991. godine ostvarena je veća masa suhe tvari sjemena po loncu (15,86, odnosno 16,35 g) u odnosu na varijante bez gnojidbe, dok 1992. godine gnojidba dušikom nije imala utjecaja na masu suhe tvari sjemena po loncu (tablica 4).

Do sličnih rezultata došli su Vasilas and Ham (1984), Afza et al. (1987) i Asanuma et al. (1992).

**Tablica 1.** Broj mahuna soje po loncu u vegetacijskom pokusu  
**Table 1.** Number of pods per pot

Gnojidba-Fertilization (mg N/loncu-mg N/pot)	Broj mahuna soje po loncu-Number of pods per pot					
	1991. godina-year			1992. godina-year		
	Kultivar/Variety		Prosjek	Kultivar/Variety		Prosjek
	W 64a	Zagrepčanka	Mean	W 64a	Zagrepčanka	Mean
0 (sterilizirano-sterile)	33,3	36,0	34,7	22,3	103,7	63,0
0 (nesterilizirano-nonsteril)	27,3	46,3	36,8	21,3	93,0	57,2
153	36,3	48,3	42,3	23,7	99,0	61,3
306	39,3	56,0	47,7	32,0	92,0	62,0
459	47,3	47,7	47,5	36,0	95,7	65,8
Prosjek-Mean	36,7	46,9		27,1	96,7	
	Dušik	Kultivar	Interakcija	Dušik	Kultivar	Interakcija
	Nitrogen	Variety	Interaction	Nitrogen	Variety	Interaction
LSD p=5%	8,4	5,3	n.s.	n.s.	5,7	n.s.
LSD p=1%	11,5	7,3	n.s.	n.s.	7,8	n.s.

**Tablica 2.** Ukupan broj sjemenki soje po loncu u vegetacijskom pokusu  
**Table 2.** Number of seeds per pot

Gnojidba-Fertilization (mg N/loncu-mg N/pot)	Broj sjemenki soje po loncu-Number of seeds per pot					
	1991. godina-year			1992. godina-year		
	Kultivar/Variety		Prosjek	Kultivar/Variety		Prosjek
	W 64a	Zagrepčanka	Mean	W 64a	Zagrepčanka	Mean
0 (sterilizirano-sterile)	72,7	75,2	74,0	45,3	251,7	148,5
0 (nesterilizirano-nonsteril)	55,3	91,0	73,2	44,0	227,0	135,5
153	78,0	129,7	103,8	60,3	244,3	152,3
306	90,0	129,3	109,7	63,0	234,0	148,5
459	95,7	108,0	101,8	77,7	231,7	154,7
Prosjek-Mean	78,3	106,7		58,1	237,7	
	Dušik	Kultivar	Interakcija	Dušik	Kultivar	Interakcija
	Nitrogen	Variety	Interaction	Nitrogen	Variety	Interaction
LSD p=5%	11,3	7,1	n.s.	n.s.	11,9	n.s.
LSD p=1%	15,4	9,8	n.s.	n.s.	16,3	n.s.

**Tablica 3.** Masa suhe tvari stabljike s mahunama soje u vegetacijskom pokusu  
**Table 3.** Soybean straw and pods dry matter yields

Gnojdba-Fertilization (mg N/loncu-mg N/pot)	Masa suhe tvari (g/loncu) stabljike s mahunama Straw and pods dry matter yield (g/pot)					
	1991. godina-year			1992. godina-year		
	Kultivar/Variety		Prosjek	Kultivar/Variety		Prosjek
	W 64a	Zagrepčanka	Mean	W 64a	Zagrepčanka	Mean
0 (sterilizirano-sterile)	9,09	9,39	9,54	7,06	30,08	18,57
0 (nesterilizirano-nonsteril)	8,23	10,36	9,29	6,65	27,64	17,15
153	12,13	11,98	12,05	10,20	29,57	19,89
306	10,87	13,58	12,23	11,48	30,27	20,88
459	13,38	12,36	12,87	15,00	27,71	21,36
Prosjek-Mean	10,74	11,54		10,08	29,06	
	Dušik	Kultivar	Interakcija	Dušik	Kultivar	Interakcija
	Nitrogen	Variety	Interaction	Nitrogen	Variety	Interaction
LSD p=5%	2,45	n.s.	n.s.	2,64	1,67	3,74
LSD p=1%	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	2,29	5,12

**Tablica 4.** Masa suhe tvari sjemena soje u vegetacijskom pokusu  
**Table 4.** Soybean seeds dry matter yield

Gnojdba-Fertilization (mg N/loncu-mg N/pot)	Masa suhe tvari (g/lonac) sjemena soje-Soybean seeds dry matter yield (g/pot)					
	1991. godina-year			1992. godina-year		
	Kultivar/Variety		Prosjek	Kultivar/Variety		Prosjek
	W 64a	Zagrepčanka	Mean	W 64a	Zagrepčanka	Mean
0 (sterilizirano-sterile)	8,62	13,11	10,87	3,85	46,12	24,99
0 (nesterilizirano-nonsteril)	5,84	16,36	11,10	3,71	39,82	21,76
153	8,22	18,35	13,29	4,83	43,88	24,35
306	10,03	21,70	15,86	5,40	42,41	23,91
459	13,45	19,25	16,35	6,62	42,21	24,42
Prosjek-Mean	9,23	17,76		4,88	42,89	
	Dušik	Kultivar	Interakcija	Dušik	Kultivar	Interakcija
	Nitrogen	Variety	Interaction	Nitrogen	Variety	Interaction
LSD p=5%	2,86	1,81	n.s.	n.s.	1,57	n.s.
LSD p=1%	3,92	2,48	n.s.	n.s.	2,16	n.s.

U 1991. godini između nenodulirajućeg i nodulirajućeg kultivara soje nije postojala statistički opravdana razlika u masi suhe tvari stabljike s mahunama dok je 1992. godine nodulirajući kultivar Zagrepčanka ostvario za 19 g/loncu veću masu. U obje godine istraživanja kultivar Zagrepčanka ostvario je veću masu sjemena po loncu.

U obje godine istraživanja nije zabilježen signifikantan utjecaj gnojidbe na koncentraciju dušika u sjemenu soje, a 1992. godine ni u stabljici s mahunama (tablice 5 i 6). Bullock (1990) također navodi da gnojdba dušikom nema značajan utjecaj na koncentraciju dušika u sjemenu soje.

U obje godine istraživanja nodulirajući kultivar Zagrepčanka ostvario je signifikantno veću

koncentraciju dušika u sjemenu, a 1991. godine i u stabljici s mahunama dok 1992. godine između kultivara nije utvrđena signifikantna razlika u postotku dušika u stabljici s mahunama. Razlika u nakupljanju dušika najbolje je vidljiva kod koncentracije dušika u sjemenu te je 1991. godine razlika iznosila 2,24%, a 1992. godine 2,12% u korist nodulirajućeg kultivara Zagrepčanka (tablice 5 i 6).

Iz dobivenih rezultata vidljivo je da se nodulirajući i nenodulirajući kultivar razlikuju u nakupljanju dušika i ukupna količina dušika u obje godine istraživanja bila je veća kod nodulirajućeg kultivara. Slične rezultate možemo naći u radovima Webera (1966), Bhangooa and Albrittona (1976), Pattersona and LaRuea (1983), Freitas et al. (1984) te Imsandea (1989).



**Tablica 5.** Sadržaj dušika (% N u suhoj tvari) u stabljici s mahunama soje u vegetacijskom pokusu  
**Table 5.** Nitrogen content (% N in dry matter) in straw with pods' walls

Gnojidba-Fertilization (mg N/loncu-mg N/pot)	Sadržaj dušika (% N u suhoj tvari) u stabljici s mahunama Nitrogen content (% N in dry matter) in straw with pods' walls					
	1991. godina-year			1992. godina-year		
	Kultivar/Variety		Prosjek	Kultivar/Variety		Prosjek
	W 64a	Zagrepčanka	Mean	W 64a	Zagrepčanka	Mean
0 (sterilizirano-sterile)	0,48	0,87	0,67	1,40	1,24	1,32
0 (nesterilizirano-nonsteril)	0,39	0,80	0,59	1,17	1,22	1,20
153	0,52	1,22	0,88	1,05	1,58	1,31
306	0,59	1,01	0,80	1,49	1,39	1,44
459	0,49	1,08	0,79	1,34	1,55	1,45
Prosjek-Mean	0,49	1,00		1,29	1,40	
	Dušik	Kultivar	Interakcija	Dušik	Kultivar	Interakcija
	Nitrogen	Variety	Interaction	Nitrogen	Variety	Interaction
LSD p=5%	0,16	0,10	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
LSD p=1%	0,22	0,14	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

**Tablica 6.** Sadržaj dušika (% N u suhoj tvari) u sjemenu soje u vegetacijskom pokusu  
**Table 6.** Nitrogen content (% N in dry matter) in soybean seeds

Gnojidba-Fertilization (mg N/loncu-mg N/pot)	Sadržaj dušika (% N u suhoj tvari) u sjemenu Nitrogen content (% N in dry matter) in seeds					
	1991. godina-year			1992. godina-year		
	Kultivar/Variety		Prosjek	Kultivar/Variety		Prosjek
	W 64a	Zagrepčanka	Mean	W 64a	Zagrepčanka	Mean
0 (sterilizirano-sterile)	4,70	6,32	5,51	4,25	6,07	5,16
0 (nesterilizirano-nonsteril)	4,12	6,35	5,23	4,15	5,95	5,05
153	3,67	7,09	5,38	3,91	6,16	5,04
306	4,56	6,74	5,65	3,86	6,11	4,98
459	5,09	6,86	5,98	3,74	6,22	4,98
Prosjek-Mean	4,43	6,67		3,98	6,10	
	Dušik	Kultivar	Interakcija	Dušik	Kultivar	Interakcija
	Nitrogen	Variety	Interaction	Nitrogen	Variety	Interaction
LSD p=5%	n.s.	0,41	n.s.	n.s.	0,13	0,30
LSD p=1%	n.s.	0,56	n.s.	n.s.	0,17	0,41

### Procjena količine simbiozno vezanog dušika

Procijenjena količina simbiozno vezanog dušika 1991. godine bila je znatno niža nego 1992. god. (tab. 7). Može se pretpostaviti da je to rezultat različite količine mineralnog dušika u tlu na početku vegetacije.

U 1991. godini najveća količina simbiozno vezanog dušika procijenjena je kod gnojidbe s 306 mg N/loncu i iznosila je 573 mg/biljci, ali se statistički nije razlikovala od ostale dvije gnojidbe i nesterilizirane kontrole. Iako nije bio statistički opravdan, može se vidjeti pad u količini fiksanog dušika kod gnojidbe s 459 mg N/loncu (395 mg/biljci).

Najveća količina simbiozno vezanog dušika 1992. godine procijenjena je kod kontrole sa steriliziranim

tлом i kod najmanje količine dodanog dušika, 153 mg N/loncu (1463, odnosno 1450 mg/biljci) dok je kod ostale dvije gnojidbe zabilježen pad količine simbiozno vezanog dušika. Veća količina simbiozno vezanog dušika 1992. godine, osim što je početno stanje mineralnog dušika u tlu bilo znatno niže nego 1991. godine, može se pripisati i bolje razvijenim biljkama, na što upućuju i rezultati Allosa and Bartholomewa (1959).

Ako se promatraju relativni odnosi na osnovi metode Kohl, Shearer and Harper (1980), 1991. godine najveći udio fiksanog atmosferskog dušika ostvaren je kod kontrole s nesteriliziranim tлом (74%) i gnojidbom sa 153 mg N/loncu (72%), a 1992. godine udio je bio veći i kod negnojjenih varijanata iznosio

je 91%, a kod gnojidbe sa 153 mg N/loncu 90% (tablica 8).

Dobiveni podaci mogu se usporediti s rezultatima Allosa and Bartholomewa (1959) prema kojima se udio fiksiranog dušika, ovisno o gnojdbi dušikom, kretao od 79 do 95%, dok su Patterson and LaRue (1983) utvrdili kod različitih kultivara udio simbiozno vezanog dušika u ukupnom dušiku od 50 do 83% (567 do 1340 mg N/biljci).

## ZAKLJUČCI

Na osnovi provedenih istraživanja u vegetacijskom pokusu sa sojom mogu se donijeti sljedeći zaključci:

1. Nodulirajući kultivar Zagrepčanka ostvario je značajno veći broj mahuna i sjemenki po loncu te veću masu suhe tvari sjemena u obje godine istraživanja, a 1992. i veću masu stabljike s mahunama.
2. Gnojidbom s 306 i 459 mg N/loncu ostvaren je 1991. godine najveći broj mahuna i sjemenki po loncu, dok 1992. godine gnojidba dušikom nije imala statistički opravdan utjecaj na broj mahuna i sjemenki.
3. Istraživane količine dušika (0, 153, 306 i 459 mg N/loncu) u obje godine istraživanja značajno su povećale masu suhe tvari stabljike s mahunama. Najveća masa suhe tvari sjemena ostvarena je 1991. godine gnojidbom s 306 i 459 mg N/loncu dok 1992. godine gnojidba dušikom nije značajno utjecala na masu suhe tvari sjemena po loncu.
4. U 1991. godini gnojidba dušikom značajno je povećala koncentraciju dušika u stabljici s mahunama soje dok 1992. godine nije utvrđen utjecaj istraživanih količina dušika na koncentraciju dušika u stabljici s mahunama. Nodulirajući kultivar Zagrepčanka ostvario je 1991. godine veću koncentraciju dušika u stabljici s mahunama dok 1992. godine razlike između kultivara nisu bile opravdane.
5. Gnojidba dušikom nije imala značajan utjecaj na koncentraciju dušika u sjemenu soje, a nodulirajući kultivar u obje godine istraživanja ostvario je veću koncentraciju dušika u sjemenu soje.
6. U 1991. godini ostvarena je manja procijenjena količina simbiozno vezanog dušika u odnosu na 1992. godinu zbog većeg sadržaja mineralnog

**Tablica 7.** Procijenjena količina simbiozno vezanog dušika (mg N/biljci) u ovisnosti o količini dodanog dušika u vegetacijskom pokusu, 1991. i 1992. godine

**Table 7.** Estimated amounts of symbiotically fixed nitrogen (mg N/plant) depending on nitrogen rates in 1991 and 1992

Gnojidba-Fertilization (mg N/loncu-mg N/pot)	1991. godina-year mg N/biljci-mg N/plant		1992. godina-year	
	0 (sterilizirano-sterile)	255		1463
0 (nesterilizirano-nonsteril)	441		1250	
153	558		1450	
306	573		1341	
459	395		1316	
LSD p=5%	215		n.s.	
LSD p=1%	n.s.		n.s.	

**Tablica 8.** Procijenjena količina simbiozno vezanog dušika (mg N/biljci i %) u ovisnosti o količini dodanog dušika u vegetacijskom pokusu, 1991. i 1992. godine

**Table 8.** Estimated amounts of symbiotically fixed nitrogen (mg N/plant and %) depending on nitrogen rates in 1991 and 1992

Gnojidba-Fertilization (mg N/loncu-mg N/pot)	mg N/biljci-mg N/plant		%	
	1991	1992	1991	1992
0 (sterilizirano-sterile)	231	1467	49	91
0 (nesterilizirano-nonsteril)	424	1250	74	91
153	546	1450	72	90
306	555	1337	68	87
459	365	1316	47	84
LSD p=5%	206	n.s.		
LSD p=1%	n.s.	n.s.		

dušika u tlu. U 1991. godini najveća količina simbiozno vezanog dušika (573 mg N/biljci) ostvarena je gnojidbom s 306 mg N/loncu, ali se nije statistički opravdano razlikovala od gnojidbe sa 153 i 459 mg N/loncu. U 1992. godini gnojidba dušikom nije imala statistički opravdan utjecaj na količinu simbiozno vezanog dušika iako je vidljiv pad fiksacije s povećanjem dodanog dušika.

- Možemo zaključiti da metoda procjene količine simbiozno vezanog N<sub>2</sub> na osnovi razlike u količini ukupnog dušika kod nodulirajuće i nenodulirajuće linije soje nije dovoljno precizna zbog različitog usvajanja dušika kod ove dvije linije što je vidljivo iz kontrolnih varijanata bez gnojidbe.

## LITERATURA

- Afza, R., G. Hardarson and F. Zapata. 1987. Effects of delayed soil and foliar N fertilization on yield and N<sub>2</sub> fixation of soybean. *Plant and Soil* 97: 361-368.
- Allos, H. F. and W. V. Bartholomew. 1958. Replacement of symbiotic fixation by available nitrogen. *Soil science* 87:61-66.
- Asanuma, K., T. T. Bayorbor, K. Kogure, J. Ofosu-Anim and N. Suzuki. 1992. Studies on the response of nodulated soybean to nitrogen fertilizer. I. On the carbon dioxide exchange of shoots and underground organs. *Japanese Journal of Crop Science* 61:433-438.
- Bertić, B., M. Vratarić i V. Vukadinović. 1991. Trogodišnja ispitivanja folijarne primjene mikroelemenata i prihrane soje dušikom. Znanost i praksa u poljoprivredi i prehrambenoj tehnologiji, posebno izdanje, 9-14.
- Bhangoo, M. S. and D. J. Albritton. 1972. Effect of fertilizer nitrogen, phosphorus, and potassium on yield and nutrient content of Lee soybeans. *Agronomy Journal* 64:743-746.
- Bhangoo, M. S. and D. J. Albritton. 1976. Nodulating and nonnodulating Lee soybean isolines response to applied nitrogen. *Agronomy Journal* 68:642-645.
- Bouniols, A., M. Obaton, A. M. Domenach, C. Pachiaudi, H. Setatou, G. Venturi, M. T. Amaducci, L. Toniolo, S. Bona, F. Miceli, A. Popescu, M. Chamber, S. Redžepović, S. Sikora. 1990. Effect of late nitrogen fertilization on yield and N<sub>2</sub> fixation in determinate and indeterminate soybean varieties. First Congress of the European Society of Agronomy, Paris, 5-7 Dec. 1990., Proceedings.
- Bullock, D. G. 1990. Grain yield, seed weight, seed N concentration, and nodule activity of soybean as influenced by defoliation and N fertilizer. *Journal of Plant Nutrition* 13:887-902.
- Deibert, E. J., M. Bijeriego and R. A. Olson. 1979. Utilization of <sup>15</sup>N fertilizer by nodulating and non-nodulating soybean isolines. *Agronomy Journal* 71:717-723.
- Fehr, W. R., C. E. Caviness, D. T. Burmood and J. S. Pennington. 1971. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. *Crop Science* 11:929-931.
- Freitas, J. R., R. L. Victoria, A. P. Ruschel and P. B. Vose. 1984. Estimation of N<sub>2</sub>-fixation by sugarcane, *Saccharum sp.*, and soybean, *Glycine max*, grown in soil with <sup>15</sup>N-labelled organic matter. *Plant and Soil* 82:257-261.
- Ham, G. E. and A. C. Caldwell. 1978. Fertilizer placement effects on soybean seed yield, N<sub>2</sub> fixation and <sup>33</sup>P uptake. *Agronomy Journal* 70:779-783.
- Hardarson, G., F. Zapata and S. K. A. Danso. 1984a. Field evaluation of symbiotic nitrogen fixation by rhizobial strains using <sup>15</sup>N methodology. *Plant and Soil* 82:369-375.
- Hardarson, G., F. Zapata and S. K. A. Danso. 1984b. Effect of plant genotype and nitrogen fertilizer on symbiotic nitrogen fixation by soybean cultivars. *Plant and Soil* 82:397-405.
- Imsande, J. 1989. Rapid dinitrogen fixation during soybean pod fill enhances net photosynthetic output and seed yield: A new perspective. *Agronomy Journal* 81:549-556.
- Kohl, D. H., Georgia Shearer and J. E. Harper. 1980. Estimates of N<sub>2</sub> fixation based on differences in the natural abundance of <sup>15</sup>N in nodulating and nonnodulating isolines of soybeans. *Plant Physiology* 66:61-65.
- Munns, J. 1977. In *Soybeans: Improvement, Production and Uses: Harper: Nitrogen metabolism*. Madison, Wisconsin, USA 1987.
- Oliveira, J. C., M. L. G. Ramos and F. F. Duque. 1991. Inoculação da soja, em solo de cerrado, no primeiro ano de cultivo. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo* 15:273-276.
- Patterson, T. G. and T. A. LaRue. 1983. Nitrogen fixation by soybeans: seasonal and cultivar effects, and Comparison of Estimates. *Crop Science* 23:488-492.
- Redžepović, S., J. Todorović, S. Sikora, J. Manitašević, Đ. Sertić i M. Šoškić. 1990.a Utjecaj različitih nivoa gnojidbe dušikom na bakterizaciju i prinos soje u posttrnoj sjetvi. *Poljoprivredne aktualnosti* 36:283-287.
- Redžepović, S., S. Sikora, Ž. Klaić, J. Manitašević, Đ. Sertić i M. Šoškić. 1990.b Značenje bakterizacije i mineralne gnojidbe dušikom u proizvodnji soje. II Jugoslavenski simpozij mikrobne ekologije, 16-19.10. 1990., Zagreb, Zbornik radova, 143-153.
- Redžepović, S., S. Sikora, D. Dropulić, Đ. Sertić, B. Varga and M. Šeput. 1991a. Effects of inoculation with different Bradyrhizobium strains and N fertilization on N<sub>2</sub> fixation and yield of soybean in Croatia. International Symbiosis Congress, Jerusalem, Israel, November 17-19, 1991.

- Redžepović, S., S. Sikora, Đ. Vasilj and Đ. Sertić. 1992. Effect of inoculation with HUP<sup>+</sup> strains of *Bradyrhizobium japonicum* and *Sinorhizobium fredii* on N<sub>2</sub> fixation and yield of soybean. In Abstracts of Sixth International Symposium on Microbial Ecology (ISME-6), Barcelona, 6-11 September, 1992.
- Senaratne, R., C. Amornpimol and G. Hardarson. 1987. Effect of combined nitrogen fixation of soybean (*Glycine max* L. Merrill.) as affected by cultivar and rhizobial strain. *Plant and Soil* 103:45-50.
- Trang, K. M. and J. Giddens. 1980. Shading and temperature as environmental factors affecting growth, nodulation, and symbiotic N<sub>2</sub> fixation by soybeans. *Agronomy Journal* 72:305-308.
- Varga, B., M. Jukić i L. Crnobrnja. 1988. Djelovanje prihranjivanja dušikom na masu suhe tvari kvržica *Bradyrhizobium japonicum* te prinos i sadržaj bjelančevina i ulja zrna soje u različitim gustoćama sklopa. *Poljoprivredna znanstvena smotra* 53:183-193.
- Vasilas, B. L. and G. E. Ham. 1984. Nitrogen fixation in soybeans: An evaluation of measurement techniques. *Agronomy Journal* 76:759-764.
- Weber, C. R. 1966. Nodulating and nonnodulating soybean isolines: I. Agronomic and chemical attributes. *Agronomy Journal* 58:43-46.
- Welch, L. F., L. V. Boone, C. G. Chambliss, A. T. Christiansen, D. L. Mulvaney, M. G. Oldham, and J. W. Pendleton. 1973. Soybean yields with direct and residual nitrogen fertilization. *Agronomy Journal* 65:547-550.

## ŽIVOTOPIS

ANA POSPIŠIL rođena je 26. kolovoza 1963. godine u Banja Luci. Osnovnu i srednju školu završila je u Zagrebu. Agronomski fakultet upisala je 1982. godine, a diplomirala 1987. godine na ratarskom odsjeku. Iste godine počela je raditi kao pripravnik, a od 1988. kao stručni suradnik u Zavodu za specijalnu proizvodnju bilja Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Magistarski rad pod naslovom: "Reakcija eksperimentalnih sorata ozimog ječma na gustoće sklopa, tretiranje sjemena različitim preparatima i tretiranje fungicidom u toku vegetacije" obranila je 1990. godine. Godine 1991. izabrana je za asistenta na predmetu "Ratarstvo".

Bavi se istraživačkim radom iz područja tehnologije proizvodnje ratarskih kultura. Kao autor ili koautor objavila je 6 znanstvenih i 6 stručnih radova.

Izvod iz doktorske disertacije obranjene 10. siječnja 1997. godine na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

Članovi povjerenstva:

- Prof. dr. sc. Boris Varga
- Prof. dr. sc. Sulejman Redžepović
- Prof. dr. sc. Vlado Kovačević