

UDK: 665.33;631.454;546.17

Originalni naučni rad

UTICAJ AZOTNIH HRANIVA NA NODULACIJU SOJE (*GLYCINE MAX.*) NA ČERNOZEMU I PSEUDOGLEJU

Petar Stevanović, Vera Popović, Đorđe Glamočlija, Mladen Tatić,
Velibor Spalević, Zoran Jovović, Divna Simić, Livija Maksimović*

Izvod: Soja je jedna od najznačajnijih leguminoznih biljnih vrsta u svetu. Dvogodišnja istraživanja obavljena su sa ciljem da se ispita efekat azotne prihrane na proces nodulacije, na černozeu i pseudogleju. Ogled je postavljen kao trofaktorijski, metodom razdeljenih parcela (split-plot) u četiri ponavljanja. Ispitivani faktori bili su sledeći: 1. Azotna prihrana (A); N₀-kontrola; 0 kg ha⁻¹ N + Nitragin; N₁-50 kg ha⁻¹ N + Nitragin; N₂-100 kg ha⁻¹ azota + Nitragin i N₃-150 kg ha⁻¹ azota + Nitragin ; 2. Godina (B); i 3. Zemljište (C); černozeu i pseudogleju.

Na osnovu nodulacionog indeksa - NI, odlična i najbolja nodulacija, ostvarena je na pseudogleju u kontrolnoj, N₀ varijanti, NI =21,34; zatim vrlo dobra nodulacija ostvarena je na černozeu u N₀-kontrolnoj varijanti, NI =18,99, i u N₁-varijanti, varijanti sa primenom 50 kg ha⁻¹ azotnog hraniva, NI=18,22.

U humidnoj godini za razliku od aridne godine na černozeu, na osnovu nodulacionog indeksa, u proseku za varijante azotne prihrane, nodulacija je bila dobra (NI = 14,48) dok je na pseudogleju bila srednja (NI = 10,11).

Broj nodula na korenu soje, u obe ispitivane godine i na oba lokaliteta gajenja, ravnomerno se, smanjivao sa povećanjem količine upotrebljenih azotnih hraniva. Veće količine azotnih hraniva delovale su destimulativno na kvržične bakterije.

Primenom predsetvene bakterizacije semena soje Nitragin-om maksimalno se koristi prirodni proces simbiozne fiksacije azota u gajenju soje i na taj način se obezbeđuje ekološki prihvatljiva i ekonomski opravdana proizvodnja.

Ključne reči: soja, zemljište, azotna prihrana, Nitragin, nodulacija.

Uvod

Soja (*Glycine Max.* (L.) Merr) jedna je od najstarijih i najznačajnijih leguminoznih biljnih vrsta u svetu. Prinosi soje zavise, pored agroekoloških uslova i pravilnog izbora sorte i od primenjene tehnologije gajenja, oko 50%. Pravilna tehnologija gajenja podrazumeva poštovanje tehnološke discipline u izvršavanju svih agrotehničkih mera. Ako se planiraju visoki prinosi leguminoza, mora da se vodi briga o stanju hraniva u zemljištu, samim tim treba pristupiti sa više pažnje izboru i unošenju hraniva. Na teritoriji Srbije zastupljenost tipova poljoprivrednih zemljišta kreće se u dijapazonu od veoma plodnih, (černozeu, gajnjača, aluvijum) bez ograničavajućih faktora u poljoprivrednoj proizvodnji do onih srednje i male plodnosti (smonica, pseudoglej, semiglej), (Glamočlija i sar., 2015). Zemljište, voda i genetički resursi predstavljaju osnovu poljoprivredne proizvodnje (Jovović i sar., 2013).

Primenom predsetvene bakterizacije semena soje Nitragin-om maksimalno se koristi prirodni proces simbiozne fiksacije azota u gajenju soje. Formiranje kvržica i fiksacija azota

*Mr Petar Stevanović, Inspektorat Republike Srpske, Trg RS 8, 78000 Banja Luka, Bosna i Hercegovina; B&H; Dr Vera Popović, naučni saradnik, Dr Mladen Tatić, viši naučni saradnik-VNS, Dr Livija Maksimović, VNS, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Maksima Gorkog 30, 21000 Novi Sad, Srbija; Dr Đorđe Glamočlija, redovni profesor, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Beograd, Srbija; Dr Zoran Jovović, Dr Velibor Spalević, profesor, Univerzitet u Crnoj Gori, Biotehnički fakultet, Mihaila Lalića 1, 81000 Podgorica, Crna Gora - MNE; Dr Divna Simić, Institut PKB Agroekonomik, Padinska Skela, Industrijsko naselje bb., Beograd, Srbija.

E-mail prvog autora: nikola.pavle@teol.net; bravera@eunet.rs

Rezultati prikazani u radu su deo istraživanja Projekta br. TP 31022, finansiranog od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

veoma su složeni procesi osetljivi prema središnjim uslovima koji utiču na biljke, bakterije i njihove interakcije (Hungria i Stacey, 1997, Hungria et al., 2005). U simbiozi sa sojom živi i formira kvržice *Bradyrhizobium japonicum*, *Bradyrhizobium elkani* i *Sinorhizobium fredii* (Martinez Romero and Caballero-Mellado, 1996). Kvržične bakterije u simbiozi sa biljkom domaćinom stvaraju aktivne nodule-kvržice (biološke fabrike azota) na njenom korenu i na taj način fiksiraju do 180 kg ha⁻¹ N godišnje iz vazduha (Milošević i Jarak, 2005). Sojevi *Rizobium* su mezofilni mikroorganizmi, a optimalna temperatura za rast i razmnožavanje rizobiuma je oko 25 °C, i ne rastu ispod 10°C ili iznad 37°C (Rice et al., 1995). Optimalna vlažnost za obrazovanje kvržica je 60–70 % od punog vodnog kapaciteta zemljišta. U oraničnom sloju zemljišta gde je povoljna aeracija i vlaga, formira se veći broj kvržica, dok ih u sloju ispod 30 cm skoro i nema (Graham, 2000). Reakcija zemljišta je među najvažnijim ekološkim činiocima koji utiču na zastupljenost i efektivnost sojeva *Rhizobium*. Zastupljenost ovih mikroorganizama je veoma mala u kiselim zemljištima (pH < 5,5) te se kao rezultat javlja izostanak nodulacije i značajno smanjenje prinosa suve materije (Jarak i sar., 1999). Zbog velike osetljivosti kvržičnih bakterija na pH vrednosti, fiksacija azota ne dolazi do izražaja (Milić i sar., 2001). Smanjenjem kiselosti povećava se mikrobiološka aktivnost u zemljištu tipa pseudoglej (Jarak i sar., 2003).

Cilj istraživanja bio je da se ispita uticaj azotnih hraniva i inokulacije (tretiranja) semena mikrobiološkim biofertilizatorom - NS Nitragin-om na nodulaciju (obrazovanje kvržica) na černozeu i pseudogleju.

Materijal i metod rada

Dvogodišnja istraživanja obavljena su sa ciljem da se ispita uticaja đubrenja azotom na proces nodulacije soje na dva lokaliteta: Pančevo i Brčko. Površina osnovne parcele iznosila je 10,8 m² (6,0m x 1,8m) a površina obračunske parcelice 5,4 m². Ispitivana je sorta Bačka (0 grupa zrenja), koja je stvorena u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu. Sorta Bačka je sorta sa ljubičastim cvetom, sivim dlačicama i žutim hilumom. Gustina useva bila je ista za sve varijante i iznosila je 500.000 biljaka po hektaru. Ogled je postavljen kao trofaktorijski, metodom razdeljenih parcela (split-plot) u četiri ponavljanja (Stevanović, 2002). Ispitivani su sledeći faktori:

1. Azotna prihrana (A); N₀-kontrola; 0 kg/ha, bez, azotnih hraniva + NS Nitragin;
N₁-50 kg/ha azotnih hraniva + NS Nitragin
N₂-100 kg/ha azotnih hraniva + NS Nitragin
N₃-150 kg/ha azotnih hraniva + NS Nitragin
2. Godina (B): a. Aridna, 2000., prva ispitivana godina;
b. Humidna, 2001., druga ispitivana godina;
3. Zemljište (C): a. Černozem / Pančevo / Republika Srbija – RS
b. Pseudoglej / Brčko-Brezovo Polje / Bosna i Hercegovina-B&H

U ogledima je primenjena standardna tehnologija gajenja za proizvodnju soje, izuzimajući proučavane faktore. Sa predsetvenom pripremom unet je KAN - krečni amonijum nitrat prema predviđenom planu đubrenja. Pre setve, prema uputstvu primene sa vrećice, na seme je inokulisan Nitragin. Upotreba Nitragin-a je obavezna agrotehnička mera u proizvodnji soje. U toku vegetacionog perioda u dva navrata je izvedeno ručno plevljenje korova i okopavanje. Žetva je obavljena ručno u tehnološkoj zrelosti biljaka. Počev od momenta obrazovanja kvržica, u intervalu od 15 dana, uzimani su uzorci od po 10 biljaka sa svakog ponavljanja, na kojima je utvrđen broj kvržica (Stevanović, 2002). Dobijeni rezultati su obrađeni matematičko statističkom metodom. Za izračunavanje stepena variranja primenjen je koeficijent varijacije. Iskazuje se u procentima, formulom:

$$V = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100 \%$$

Koeficijent varijacije (Cv ili V) predstavlja relativnu meru varijabilnosti, i služi za procenu varijabilnosti statističkog niza, poređenjem standardne devijacije i aritmetičke sredine.

Kvalitet mikrobiološkog đubriva odnosno uspešnost inokulacije, može se kontrolisati šest nedelja posle klijanja semena preko brojnosti (po biljci) i morfoloških karakteristika

nodula odnosno indexa nodulacije. Nodulacija korena leguminoza je pokazatelj uspešnosti simbioze između biljke i *Rhizobium/Bradyrhizobium*. Pri preseku nodule/kvržice uočava se u centralnom delu crveno polje (leghemoglobin) koje pokazuje da je simbioza uspešna, odnosno da postoji azotofiksaciona aktivnost. Kada se završi fiksacija azota bakteroidi se liziraju i tkivo kvržice je mrke boje (Milošević i Jarak, 2005). Nodulacija se ocenjuje (nodulacioni index) na osnovu broja kvržica (nodula) po biljci: ako je broj kvržica u rasponu od 0–5, nodulacija je slaba; ako ima 6–10 kvržica, nodulacija je srednja; sa 11–15 kvržica, nodulacija je dobra; sa 16–20 kvržica, nodulacija je vrlo dobra i sa preko 20 kvržica – nodulacija je odlična ([http:// vasatwiki.icrisat.org](http://vasatwiki.icrisat.org)).

Zemljište. U cilju unapređenja poljoprivredne proizvodnje u bilo kojoj oblasti, mora se polaziti od stanja i osobina zemljišta, kao osnovnog nacionalnog bogatstva trajne vrednosti (Pavićević, 1979). Dvogodišnja istraživanja obavljena na dva lokaliteta gajenja. U Srbiji, na lokalitetu Pančevo, eksperimenti su izvedeni na černozeu dok su eksperimentalni ogledi u Bosni i Hercegovini izvedeni na lokalitetu Brčko - Brezovo Polje, na pseudogleju.

Zemljište, na kome su izvođeni ogledi u Pančevu, bili su dobrih fizičkih osobina. Prema agrohemijским analizama u Pančevu černozeu je imao 5,00% kalcijuma i 4,32% humusa. Sadržaj fosfora i kalijuma je bio visok i iznosio je: 30,20 mg/100 g i 32,80 mg/100 g, dok je pH reakcija zemljišta bila slabo alkalna (7,30), tabela 1.

Tab. 1. Agrohemijske anize zemljišta; černozeu i pseudoglej

Agrochemical properties of soil; the chernozem and pseudoglej

Vrednosti Values	pH	CaCO ₃ %	Humus %	P ₂ O ₅ mg/100g	K ₂ O mg/100g
Černozeu	7,30	5,00	4,32	30,20	32,80
Pseudoglej	4,30	0,60	2,88	14,30	24,50

Zemljište na kome su izvedeni ogledi na pseudogleju (Brčko) bilo je slabo karbonatano, slabo humusno, srednje obezbeđeno fosforom, i dobro odnosno optimalno obezbeđeno kalijumom i sa jako kiselom reakcijom zemljišta pH (4,30). Pseudoglej je imao 0,60 % kalcijuma, 2,88% humusa, fosfora 14,3 mg/100 g i kalijuma 24,50 mg/100 g, tabela 1.

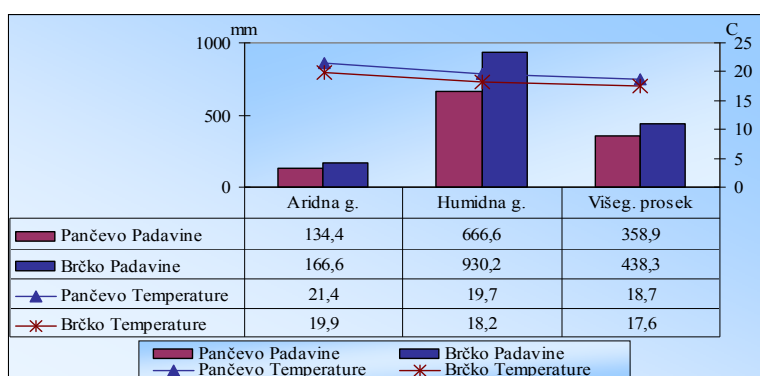
Kisela zemljišta -pseudoglej (zemljišta sa pH <5,5 u gornjem sloju) zauzimaju 3.950 miliona ha, ili oko 30% globalnog obradivog zemljišta, sa trendom rasta, i javljaju se u dva globalna pojasa: severni pojas, sa hladnom i vlažnom umerenom klimom, i južni tropski pojas, sa toplom i vlažnom klimom (Von Uexkull and Mutert, 1995). Problemi zakišeljavanja zemljišta i vode, kao i taloženje toksičnih elemenata predstavljaju jedan od najvažnijih ekoloških problema u svetu (Hauptvogel, 2003). Kiselost i zakišeljavanje zemljišta je problem globalnog značaja koji limitira razvoj i prinos ratarskih useva. Procenjuje se da je 56 % u humidnim oblastima tropskog pojasa i 30 % zemljišta u Svetu kisele reakcije zemljišnog rastvora, što je veoma nepovoljno za razvoj biljaka (Grewal and Williams, 2003). Izuzetna osetljivost na kiselu reakciju zemljišta dovodi do smanjenja areala gajenja nekih leguminoza (Hauptvogel, 2003).

Černozeu je zemljište semiaridnog stepskog područja. Matični supstrat na kome je formiran ovaj tip zemljišta je karbonatni les, eolski sediment sa 20-30% SaSO₃. Na manjim površinama černozeu je nastao na pretaloženom lesu, aluvijumu i eolskom pesku. To je zemljište ravnica i oranica. Černozeu predstavlja zemljište sa optimalnim fizičkim i hemijskim osobinama (Glamočlija i sar. 2015). Pseudoglej pripada redu hidromorfni zemljišta u čijem se profilu na manjoj ili većoj dubini nalazi nepropusni ili slabo propusni horizont koji sprečava normalnu infiltraciju. Osnovne karakteristike ovog tipa zemljišta su težak mehanički sastav, zbijenost i mala hidraulička provodljivost gBt i Bt horizonta (Pivić, 1999; 2005). U pogledu hemijske reakcije površinski horizonti su uglavnom kisele reakcije (pH 5,00-5,50), slabo su zasićeni bazama, malog kapaciteta adsorpcije i slabo obezbeđeni humusom i hranivima. Pripadaju četvrtoj bonitetnoj klasi (Glamočlija i sar., 2015).

Meteorološki uslovi. Meteorološki podaci dobijeni su iz Meteoroloških stanica, MS: MS Pančevo, Srbija i MS Brčko, B&H, graf 1. Na području Republike Srbije, u uslovima semiaridne klime, u većini proizvodnih godina nedostatak padavina predstavlja ograničavajući faktor u biljnoj proizvodnji. Pored količine padavina od presudnog značaja za

uspeh biljne proizvodnje je i njihov raspored tokom perioda vegetacije. Padavine u zimskom periodu su od izuzetnog značaja za uspeh biljne proizvodnje (Popović, 1976, Popović, 2010, Popović i sar., 2012, 2013). Klimatske promene i režim voda u zemljištu te njihov međusobni odnos, koji je vrlo promenljiv i složen, definišu uspešnost biljne proizvodnje, budući da je veliki deo naše poljoprivredne proizvodnje smešten u područjima sa povremenom pojavom suša (Šimunić et al., 2014).

Količine i raspored padavina, kao i srednje mesečne temperature za vegetacioni period soje, u ispitivanim godinama bile su neujednačene i pokazale su značajna variranja po godinama istraživanja, graf. 1. Prva ispitivana godina, na oba lokaliteta gajenja, bila je aridna, sa ukupnom sumom padavina od 134,4 mm u vegetacionom periodu (Pančevo) do 166,6 mm (Brčko). Dok je druga ispitivana godina bila humidna, sa ukupnom sumom padavina u vegetacionom periodu od 666,6 mm (Pančevo) do 930,2 mm (Brčko). Humidna godina je bila sa obilnim padavinama koje su bile duplo više od višegodišnjeg proseka za ispitivane lokalitete. U Pančevu višegodišnje prosečne sume padavina iznosile su 307,7mm dok su za lokalitet Brčko iznosile 491,9mm, graf. 1.



Grafikon 1. Temperature, a., i padavine, b, Brčko - B&H i Pančevo-Srbija

Graph. 1. Temperature, a., and precipitation, b, Brcko-B&H and Pancevo-Serbia

Prva ispitivana godina, imala je prosečne temperature u vegetacionom periodu od 21,40°C za Pančevo i 19,70 °C za Brčko, dok su temperature u humidnoj-drugoj ispitivanoj godini iznosile 19,7 °C za Pančevo odnosno 18,2°C za Brčko. U obe ispitivane godine i na oba lokaliteta gajenja, zabeležene temperature su bile više od višegodišnjeg proseka, i to za 0,6 °C i 2,3 °C (Brčko) odnosno u Pančevu za 1 °C i 2,7 °C, u odnosu na prvu odnosno drugu ispitivanu godinu. U aridnoj godini na oba lokaliteta gajenja temperature su bile više za 1,7 °C u odnosu na drugu ispitivanu godinu, graf. 1b. Za lokalitet Pančevo višegodišnje prosečne temperature iznosile su 18,7 °C dok su za lokalitet Brčko iznosile 17,6 °C, graf. 1b.

Rezultati istraživanja i diskusija

Broj kvržica na korenu po biljci

Broj i masa kvržica predstavljaju indikatore efikasnosti fiksacije azota (Gwata i sar., 2004). Između njih utvrđen je vrlo značajan pozitivan korelacijski koeficijent, koji je, takođe, pod uticajem varijacija unutar genotipa i uslova sredine (Sinclair i sar., 1991). Prosečan broj kvržica po biljci soje kreće se i do nekoliko stotina (Jug i sar. 2005), a zavisi od sadržaja vode u zemljištu, pH zemljišta, temperature, mineralne prihrane azotom, saliniteta, ali i od sorte i soja *B. japonicum* (Singleton i Bohlool, 1984.; Redžepović i sar., 1991).

U našem istraživanju broj kvržica po biljci, u varijanti azotne prihrane, po godinama i unutar godine, značajno se razlikovao. Ispitivani parametar na pseudogleju za lokalitet Brčko u proseku za ispitivane godine iznosio je u kontrolnoj varijanti, 17,57 a za lokalitet Pančevo

12,26, tabela 2. Koeficijent varijacije u proseku za godine, Cv, na oba lokaliteta gajenja je opadao sa primenom hraniva, izuzev N₁ varijante na černozeu, tab 2.

Na osnovu nodulacionog indeksa – NI, odlična i najbolja nodulacija ostvarena je na pseudogleju u N₀-kontrolnoj varijanti NI = 21,34, zatim na černozeu u N₀-kontrolnoj varijanti i u N₁-varijanti, sa brojem nodula/kvržica NI = 18,99 odnosno NI = 18,22. Najmanji broj nodula, u proseku za dve godine i dva lokaliteta, ostvaren je u aridnoj godini na černozeu u N₃ varijanti, varijanti sa 150 kg ha⁻¹ azotnih hraniva, NI=3,76. Na pseudogleju, u aridnoj godini, nodulacija je bila srednja, NI = 9,53 u proseku za sve varijante azotne prihrane, dok je na černozeu nodulacija bila slaba (NI = 4,74). U humidnoj godini za razliku od aridne godine na černozeu, u proseku za sve varijante azotne prihrane, na osnovu nodulacionog indeksa, nodulacija je bila dobra (NI = 14,48) dok je na pseudogleju bila srednja (NI = 10,11), tab. 2.

Tab. 2. Uticaj azotnih hraniva, godine i zemljišta na broj kvržica po biljci

Effect of nitrogen nutrients, year and soil to the number of nodules

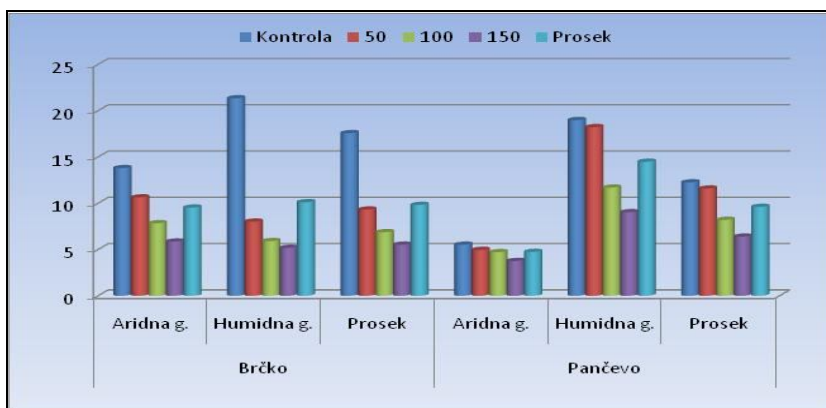
N hraniva Nitrogen nutrients kg ha ⁻¹	Brčko				Pančevo				Cv %
	Godina/Year				Godina/Year				
	Aridna Arid	Humidna Humid	$\bar{x}$	Cv %	Aridna Arid	Humidna Humid	$\bar{x}$	Cv %	
N ₀ - Kontrola	13,80	21,34	17,57	30,34	5,52	18,99	12,26	77,21	25,17
N ₁ - 50	10,63	8,01	9,32	19,96	4,96	18,22	11,59	80,89	11,69
N ₂ - 100	7,84	5,91	6,88	19,85	4,71	11,69	8,20	60,19	12,38
N ₃ - 150	5,86	5,18	5,52	8,71	3,76	9,03	6,40	58,27	10,44
Prosek, $\bar{x}$	9,53	10,11	9,82	4,17	4,74	14,48	9,61	71,66	1,53
Cv, %	36,22	74,99	54,96	-	15,50	33,78	28,95	-	-

Koeficijent varijacije za broj kvržica, u proseku za oba lokaliteta gajenja i za sve ispitivane parametre, bio je na niskom nivou Cv= 1,53 %, i beleži homogenost rezultata, graf.2.

Disperzija podataka za broj kvržica, u varijanti azotne prihrane, na pseudogleju - Brčko, po godinama, bila je na niskom do srednjem nivou, izuzev N₀ varijante (Cv=30,34 %), što ukazuje na homogenost dobijenih rezultata ispitivanog parametra. Varijabilitet broja kvržica meren koeficijentom varijacije kretao se u intervalu 8,71 % < Cv < 19,96 %, odnosno u proseku 4,17%. Najmanja variranja zabeležena u varijanti N₃ sa primenom 150 kg ha⁻¹ azotnog hraniva, Cv= 8,71%. U ovoj varijanti ostvaren je i najmanji broj kvržica u obe godine, tab. 2.

Disperzija podataka za broj kvržica na pseudogleju - lokalitet Brčko, unutar godina, bila je na visokom nivou, što ukazuje na heterogenost dobijenih rezultata ispitivanog parametra. Varijabilitet broja kvržica meren koeficijentom varijacije unutar godine kretao se u intervalu 36,22 % < Cv < 74,99 %, odnosno u proseku 54,96%. Najmanja variranja zabeležena u aridnoj godini, Cv= 36,22 % dok su najveća variranja zabeležena u humidnoj godini Cv= 74,99 %, tab. 1.

Koeficijent varijacije za broj kvržica po biljci, u varijanti azotne prihrane, na černozeu - lokalitet Pančevo, u kontrolnoj N₀ varijanti beležio je značajno velika variranja, Cv= 77,21%, dok su najmanja ali takođe velika variranja zabeležena u varijanti N₃ sa primenom 150 kg ha⁻¹ azotnog hraniva, Cv= 58,27%. Varijabilitet broja kvržica meren koeficijentom varijacije kretao se u intervalu 58,27% < Cv < 80,89%. Disperzija podataka za broj kvržica na lokalitetu Pančevo, u okviru varijanti ishrane, bio je na visokom nivou što ukazuje na heterogenost dobijenih rezultata, tabela 2.



Grafikon 2. Uticaj azotnih hraniva na broj kvržica po biljci
Graph. 2. Effect of nitrogen nutrients to the number of nodules

Broj kvržica soje, u obe ispitivane godine i na oba lokaliteta gajenja, se ravnomerno smanjivao sa povećanjem količine upotrebljenih azotnih hraniva, tabela 2. Azotna hraniva dovela su do smanjenja brojnosti i aktivnosti simbioznih azotofiksatora. Azot je inhibirao pripajanje i ulazak soja *Rizobium* u korenovu dlačicu.

U humidnoj godini na oba lokaliteta gajenja ostvaren je u proseku veći broj kvržica po biljci u odnosu na aridnu godinu. Na lokalitetu Brčko broj kvržica za sve varijante ishrane, u humidnoj godini, iznosio je 10,11 i bio je viši u odnosu na aridnu godinu za 6,09%. Na lokalitetu Pančevo ispitivani parametar u humidnoj godini iznosio je 14,48 i bio je viši u odnosu na aridnu godinu za 9,74 odnosno za 125,84%. Koeficijent varijacije u proseku za godine i za oba lokaliteta gajenja bio je na niskom nivou, $C_v=1,53\%$, i ukazuje na homogenost dobijenih rezultata, tabela 2.

U aridnoj godini prosečna vrednost broja kvržica u varijantama azotne prihrane, bila je veća na pseudogleju, dok je u humidnoj, drugoj ispitivanoj godini, vrednost ispitivanog parametra bila veća na černozeu izuzev N_0 varijante, tabela 2, graf. 2.

Na černozeu nodulacija je u humidnoj godini bila bolja za 43,22% u odnosu na pseudoglej, dok je na pseudogleju nodulacija bila bolja u aridnoj godini za 101,05% u odnosu na černozeu. Na pseudogleju, u proseku za sve ispitivane faktore, nodulacija je bila bolja (9,82) u odnosu na černozeu (9,61), za 2,19 %, tab. 2. Rezultati istraživanja su pokazali da se i na kiselom zemljištu soja može uspešno gajiti uz pravilnu primenu tehnologije gajenja.

U kiselim zemljištima rast i preživljavanje rizobiuma su smanjeni zbog povećane koncentracije H^+ jona, toksičnog uticaja aluminijuma i mangana, nedostatka kalcijuma, fosfora i molibdena (Milošević i Jarak, 2005). Istraživanja Jarak et al. (1999) pokazuju da u gramu zemljišta neutralne reakcije ima oko $8,9 \times 10^4$ ćelija rizobiuma, a u zemljištu gde je pH ispod 6 ima ih svega $3,7 \times 10^1$. Kisela reakcija zemljišta je negativno uticala na nodulaciju korena (Govedarica et al., 1999), dok se sa kalcizacijom kiselih zemljištima značajno utiče na brojnost kvržičnih bakterija (Jarak et al., 2003). Rizobiumi imaju potrebu za većom obezbeđenošću fosforom (utrošak ATP), molibdenom koji ulazi u sastav nitrogenaze, i gvožđem koje je komponenta leghemoglobina (Wani et al., 1994).

U skladu sa našim rezultatima su i rezultati Milošević i Jarak (2005), autori navode da povećan sadržaj neorganskih oblika azota dovodi do smanjenja brojnosti i aktivnosti simbioznih azotofiksatora, jer azot inhibiše pripajanje i ulazak rizobiuma u korenovu dlačicu. Autori navode da se na jednoj biljci, u zavisnosti od sorte i bakterijskog soja, može se obrazovati 10 do 50 i više kvržica.

Mrkovački i Milić (2006) navode da je u poljskom ogledu najbolji pozitivan odgovor biljke dobijen bez dodatka azota i bez inokulacije, dok je najveći prinos ostvaren sa inokulacijom semena na varijanti sa 60 kg azota po hektaru.

Uspešna nodulacija zavisi od niza abiotskih i biotskih interakcija u zemljištu. Nodulacija, a kasnije i fiksacija azota, zahteva ispunjenje dva bitna uslova, kolonizaciju površine korena s kompatibilnim *Rhizobium* sojem i infekciju korenovih dlačica (Singleton i

Bohlool, 1984). Na taj način može da se fiksira 40 kg N ha⁻¹, a u povoljnim uslovima i do 300 kg N ha⁻¹ (Keyser i Li, 1992.). Proizvodna vrednost pseudogleja je značajno manja od černozema. Kiselost zemljišta je jedan od faktora koji ograničava razvoj mnogih gajenih biljaka pa i soje. Međutim i na ovom zemljištu, lošijih proizvodnih osobina, soja može uspešno da se gaji uz pravilnu primenu tehnologije gajenja i primenu meliorativnih mera (Stevanović, 2002).

Zaključak

Na osnovu dvogodišnjih rezultata istraživanja uticaja azotnih hraniva na nodulaciju soje mogu se doneti sledeći zaključci:

- Uspešna nodulacija zavisila je od više abiotskih i biotskih interakcija u zemljištu.
- Uslovi uspevanja, količina i raspored padavina i tip zemljišta imali su veliki uticaj na nodulaciju.
- Broj kvržica soje, u obe ispitivane godine i na oba lokaliteta gajenja, ravnomerno se, smanjivao sa povećanjem količine upotrebljenih azotnih hraniva. Veće količine azota deluju destimulativno na kvržične bakterije.
- U aridnoj godini bolji rezultati su bili na pseudogleju dok su u humidnoj godini bolji rezultati bili na černozemu.
- Primena Nitragin-a je obavezna agrotehnička mera u proizvodnji soje, samim tim smanjuje se upotreba azotnih hraniva i utiče se na povećanje plodnosti zemljišta.

Zahvalnica. Rad je nastao kao rezultat projekata TR 31022 koje finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

Literatura

1. *Glamočlija, Dj., Janković, S., Popović, V., Filipović, V., Kuzevski, J., Ugrenović, V.* (2015). Alternativne ratarske vrste u konvencionalnom i organskom sistemu gajenja. Monografija, IPN-Beograd, Srbija. 1-355; 150-157.
2. *Govedarica, M., Jarak, M. and Milošević, N.* (1999): Effectiveness of Rhizobium meliloti in alfalfa: nodulation and microbial activity of soil. New Approaches and Techniques in Breeding Sustainable Fodder Crops and Amenity Grasses, (Provorov et al., eds), Proceeding of EUCARPIA 22nd Fod der Crops and Ame nity Grasses, St. Peters burg, Russia, 157-159.
3. *Graham, P.H.* (2000): Nodule formation in legumes. In: J.Edelberg (ed.) Encyclopedia of microbiology., 2ed., vol.3., 407 – 417, Academyc Press. San Diego.
4. *Grewal H.S. and Williams R.* (2003): Liming and Cultivar Affect Root Growth, Nodulation, Leaf to Stem Ratio, Herb age Yield, and Elemental Composition of Alfalfa on an Acid Soil. Journal of plant nutrition Vol. 26, No. 8, pp. 1683-1696.
5. *Gwata, E.T., Woffordds Pfahler, P.L., Boote, K.J.* (2004.): Genetics of Promiscuous Nodulationin Soybean: Nodule Dry Weight and Leaf Color Score. Journal of Heredity: 95(2):154–157.
6. *Hauptvogel R.* (2003). Strategy of Lucerne Breeding and in Abiotic Stress. Czech. J. Genet. Plant Breed., 39: 163–167.
7. <http://vasatwiki.icrisat.org>: Biological nitrogen fixation, Extension Agronomist, A&M University, Texas
8. *Hungria, M., Stacey, G.* (1997): Molecular signals exchanged between host plants and rhizobia: basic aspects and potential application in agriculture. Soil Biology and Biochemistry 29: 819–830. 6.
9. *Hungria, M., Loureiro, M.F., Mendes, I.C., Campo, R.J., Graham, P.H.* (2005): Inoculant preparation, production and application. In: Werner D, Newton WE (eds) Nitrogen fixation in agriculture forestry, ecology and the environment. Series: nitrogen fixationin agriculture, forestry, ecology, and the environment. Springer, Berlin Heidelberg New York: 223–253.

10. Jarak Mirjana, Govedarica M., Milošević Nada, Đurić Simonida i Petrov S. (1999): Uticaj teških metala na kvržične bakterije lucerke. Zbornik radova, Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 32, 247-252.
11. Jarak, M., Đukić, D., Govedarica, M., Milošević, N., Jeličić, Z., Đurić, S. (2003): Production of lucerne as affected by bacterization and liming. Optimal forage Systems for Animal production and the Environment. Grassland science in Europe, 8, 641 – 644.
12. Jarak, M., Govedarica, M., Đurić, S. (2003): The effect of bacterization and liming in the production of red clover in acid soils. 1st FEMS Congress of European microbiologists., 392, Ljubljana.
13. Jovović Z., Stešević, D., Meglič V, Dolničar P. (2013): Stare sorte krompira u Crnoj Gori. Monografija. 34-35.
14. Jug, D., Blažinkov, M., Redžepović, S., Jug, I., Stipešević, B. (2005.): Utjecaj različitih varijanata obrade tla na nodulaciju i prinos soje. Poljoprivreda 11 (2): 38-43.
15. Keyser, H.H., Li, F. (1992.): Potential for increasing biological nitrogen fixation in soybean. Plant and Soil 141: 119-135.
16. Martinez-Romero, E., Caballero-Mellado, J. (1996): Rhizobium phylogenies and bacterial genetic diversity. Critical Rev. Plant Science, 15, 113-140.
17. Milić V., Jarak M., Mrkovački N. (2001): Mikrobiološka đubriva u proizvodnji pasulja, graška i lucerke. Zbornik radova, Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 35, 75-81.
18. Milošević, N., Jarak, M. (2005): Značaj azotofiksacije u snabdevanju biljaka azotom. U. Azot agrohemijski, agrotehnički, fiziološki i ekološki aspekti (Ur. R. Kastori), Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 305–352.
19. Mrkovački N., Milić, V. (2006): Efekat primene azotnog i mikrobiološkog đubriva kod soje. Zbornik radova. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, Sveska 42, 2006. 129-132
20. Pavićević, Ljubo (1979): O nekim pitanjima unapređenja poljoprivrede. Agriculture and Forestry - Poljoprivreda i šumarstvo, XXI, 4, 99-109.
21. Pivić, R. (1999): Uticaj odvodnjavanja i dopunskih pedomelioracionih mera na vodni režim pseudogleja drenažnog polja Varna kod Šapca. Skraćena verzija magistarske teze.
22. Pivić, R. (2005): Uticaj rastojanja cevne drenaže na vodni režim pseudogleja. Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet. Zemun.
23. Popović, Vera (2010): Agrotehnički i agroekološki uticaji na proizvodnju semena pšenice, kukuruza i soje. Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Zemun, 55-66.
24. Popović, Vera, Tatić, M., Đekić, V., Kostić, M., Ilić, A. (2012): Istraživanje produktivnosti i kvaliteta novostvorenih NS sorti i linija soje (Glycine Max (L) Merr.) u području Pančeva, Bilten za alternativne biljne vrste, 2012, 44, 85, 21-27.
25. Popović, V., Glamočlija, Đ., Sikora, V., Đekić, Vera, Červenski, J., Simić, D. (2013): Genotypic specificity of soybean [Glycine max. (L) Merr.] under conditions of foliar fertilization. Romanian Agricultural Research, Romania. No. 30. 259-270.
26. Popović, Ž. (1976): Fiziologija bilja. Naučna knjiga, Beograd, 206-216.
27. Stevanović, P. (2002): Uticaj đubrenja azotom i inokulacije semena na prinos i kvalitet soje na černozeru i pseudogleju. Magistarski rad, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Zemun.
28. Rice WA, Ollsen EP, Collins MM (1995): Symbiotic effectiveness of R. melioli at low root temperature. Plant at soil. 170; 351-358.
29. Redžepović, S., Sikora, S., Sertić, Đ., Manitašević, J., Šoškić, M., Klaić, Ž. (1991.): Utjecaj fungicida i gnojidbe mineralnim dušikom na bakterizaciju i prinos soje. Znanost i praksa u poljoprivrednoj tehnologiji 21: 43-49. 13.
30. Singleton, P.W., Bohlool, B.B. (1984.): Effect of Salinity on Nodule Formation by Soybean. Plant Physiology 74. 72-76.
31. Sinclair, T.R., Soffes, A. R., Hinson, K., Albrecht, S.L., Pfahler, P.L. (1991.): Genotypic variation in soybean nodule number and weight. Crop Science 31: 301–304.

32. Von Uexkull HR and Mutert E. (1995). Global extent, development and economic impact of acid soil. *Plant and soil*. 171: 1-15.
33. Wani, S.P., Rupela, O.P., Lee, K.K. (1994): BNF Technology for Sustainable Agriculture in the Semi-Arid Tropics. 15 th World Congress of Soil Science, Acapulco, 4a, 245-262.
34. Šimunić I., Spalević V., Vukelić-Shutoska M., Šoštarić J., Marković M. (2014): Utjecaj nedostatka vode u tlu na prinose poljoprivrednih kultura. *Hrvatske vode*. 22, 203-2012.

UDC: 665.33;631.454;546.17

Original Scientific paper

INFLUENCE OF NITROGEN FERTILIZATION OF *SOYBEAN* NODULATION (*GLYCINE MAX.*) ON CHERNOZEM AND PSEUDOGLEY

*P. Stevanović, V. Popović, Đ. Glamočlija, M. Tatić,
V. Spalević, Z. Jovović, D. Simić, L. Maksimović**

Summary

Soybean is one of the most important legume plant species in the world. Two years of research were conducted in order to investigate the effects of nitrogen top dressing and inoculation (treatment) seed microbiological biofertilizatorom the process of nodulation on chernozem and pseudogley. The experiment was set up as a three factor method split plots (split plot) with four replications. The tested factors were as follows: 1. Nitrogen fertilization (A); N₀-control - 0 kg ha⁻¹ N + Nitragin; N₁-50 kg ha⁻¹ N + Nitragin; N₂-100 kg ha⁻¹ N + Nitragin and N₃-150 kg ha⁻¹ N + Nitragin; then 2nd factor; year (B) and 3rd of the Soil (C); chernozem and pseudogley.

Based nodulacionog index - NI, excellent and good nodulation, was achieved on acid soil in control, N₀ variant, NI = 21.34; then very good nodulation achieved on chernozem in N₀ -kontrolnoj variants, NI = 18.99, and N₁ variant, variant with 50 kg ha⁻¹ of nitrogen nutrients, NI = 18.22.

In a humid year, unlike arid years on chernozem, based nodulacionog index, an average of variants of nitrogen fertilization, nodulation was good (NI = 14.48) while on acid soil was medium (NI = 10.11).

Number of nodules on the roots of soybean, in both years and at both sites growing, uniformly, decreasing with increasing amount of used nitrogen fertilization. Larger amounts of nitrogen fertilizers have disincentive effect on nodule bacteria.

The application of sowing seeds of soybean inoculation maximum using natural process of symbiotic nitrogen fixation in the cultivation of soybeans and thus provides an environmentally friendly and economically viable production.

Key words: soybean, soil, nitrogen fertilization, Nitragin, nodulation.

*M.Sc.Petar Stevanović, Inspection Affairs Administration of Republic Srpska, Square 8, Banja Luka, B&H; Ph.D. Vera Popovic, Research Associate, Ph.D. Mladen Tatić, Senior Research Fellow, SRF, Ph.D. Livija Maksimović, SRF, Institute of Field and Vegetable Crops, Maksima Gorkog St. 30, 21000 Novi Sad, Serbia; Ph.D. Đorđe Glamočlija, Professor, University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Nemanjina, Zemun, Serbia; Ph.D. Velibor Spalević, Ph.D. Zoran Jovović, Professor, University of Montenegro, Biotechnical Faculty, Podgorica, Montenegro; Ph.D. Divna Simić, Institute PKB Agroekonomik, Padinska Skela, Belgrade, Serbia.

E-mail of the first author: nikola.pavle@teol.net; bravera@eunet.rs

*Plenary invited paper. Research presented in the paper was financed by the Ministry of Education, Science and Technological Development of Republic of Serbia. Project TP 31022.