

UTICAJ INOKULACIJE I PRIMENE RAZLIČITIH DOZA AZOTA NA PARAMETRE AZOTOFIKSACIJE

Jelena Marinković¹, Nastasija Mrkovački¹, Radivoje Aćimović²

¹Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad

²Concern Farmakom MB, Šabac

Izvod: Sa stanovišta poljoprivredne proizvodnje, nedostatak azota u zemljištu značajno utiče na smanjenje prinosa i njegov kvalitet. U obezbeđivanju biljaka azotom značajnu ulogu ima simbiotska fiksacija atmosferskog azota. Soja (*Glycine max.* (L.) Merr.) je jedna od najznačajnijih leguminoza i u svetu i kod nas, pre svega zbog izuzetnog hemijskog sastava zrna. Cilj rada je bio da se preko parametara azotofiksacije utvrdi optimalna količina mineralnog azota u gajenju soje uz inokulaciju mikrobiološkim preparatom *NS-Nitragin*. Ogljed je postavljen na oglednom polju Instituta za ratarstvo i povrtarstvo u Bačkom Petrovcu, na zemljištu tipa černozem, po slučajnom blok sistemu u četiri ponavljanja. U eksperimentu je korišćena sorta soje Balkan, i primenjena su četiri različita nivo đubrenja azotom (kontrola, 30, 60, 90 kg N/ha). Ogljed je postavljen u dve varijante, sa inokulacijom (*NS-Nitragin* za soju) i bez inokulacije. Uticaj inokulacije i različiti koncentracija primenjenih azotnih đubriva na efektivnost simbiotske zajednice određena je u fazi cvetanja soje preko broja formiranih kvržica na korenu, mase suve materije i sadržaja azota u nadzemnom delu biljke, korenu i kvržicama.

U proseku za sve varijante đubrenja masa nadzemnog dela inokulisanih biljaka povećana je za 19% u odnosu na neinokulisane, dok je sadržaj azota povećan za 23%. Rezultati istarživanja pokazali su da je u korenovom sistemu inokulisanih biljaka sadržaj azota bio veći (15%), a sam korenov sistem razvijeniji (11%) od biljaka koje nisu inokulisane. Predsetvenim unošenjem 60 kg N/ha i inokulacijom ostvarena je najveća masa nadzemnog dela biljke i korena, kao i najveći sadržaj azota u nadzemnom delu i korenu. Inokulacija je na svim ispitivanim varijantama đubrenja pozitivno uticala na broj (205%), masu (59%), ali i na sadržaj azota u kvržicama (60%). Inokulacijom soje i dodatkom mineralnog azota u količini 30 kg/ha ostvarena je najbolja nodulacija, najveća masa i sadržaj azota u kvržicama.

ključne reči: azotofiksacija, đubrenje azotom, *NS-Nitragin*, soja

Uvod

Uloga azota u fiziološkim procesima biljaka je mnogostruka. Azot ulazi u sastav mnogih jedinjenja kao što su strukturni i katalitički proteini, nukleinske kiseline, jedinjenja koja učestvuju u prenosu energije u ćelijama i utiče na procese fotosinteze, disanja (Maksimović i Petrović, 2008). Sa stanovišta poljoprivredne proizvodnje, nedostatak azota u zemljištu značajno utiče na smanjenje prinosa i njegov kvalitet. Azot se u prirodi pretežno nalazi u elementarnom obliku kao sastojak vazduha (80%), ali biljke u tom obliku ne mogu da ga koriste. U obezbeđivanju biljaka azotom značajnu ulogu ima simbiotska fiksacija atmosferskog azota, koja se ostvaruje u zajednici leguminoznih biljaka sa bakte-

rijama iz rodova *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azorhizobium*, *Synorhizobium*, *Mesorhizobium*, *Allorhizobium* (Martinez-Romero and Caballero-Mellado, 1996). Simbiozna zajednica leguminoza i rizobia je najznačajnija biokatalitička veza između živog sveta i protoka azota iz atmosfere (Paul and Clark, 1989).

Soja (*Glycine max.* (L.) Merr.) je jedna od najznačajnijih leguminoza i u svetu i kod nas, pre svega zbog izuzetnog hemijskog sastava zrna (40% proteina i 20% ulja). U periodu od 1991. do danas, površine pod sojom na teritoriji Srbije stalno rastu, a najveće su zasejane 2000. godine (141.000 ha) (Hrustić i Miladinović, 2008). Soja ima poseban značaj i u plodoredu, jer fiksiranjem azota iz vazduha obezbeđuje biljku biološkim azotom smanjujući tako upotrebu azotnih mineralnih đubriva. U simbiotskoj zajednici sa korenom soje žive kvržične azotofiksirajuće bakterije *Bradyrhizobium japonicum*. U našim poljoprivrednim zemljištima brojnost bakterija iz roda *Bradyrhizobium* je mala pa se prilikom proizvodnje soje mora unositi u zemljište kao bakteriološki preparat (Milošević i Jarak, 2005).

Proučavanja efekta primene mineralnih azotnih đubriva na fiziologiju simbiotske zajednice pokazala su da velike količine azota smanjuju azotofiksaciju redukcijom broja, mase i aktivnosti kvržica (Streeter, 1988; Starling et al., 1998; Maekawa et al., 2003). Primena većih količina mineralnih đubriva usporava pa čak i zaustavlja proces azotofiksacije, jer biljka usvajajući mineralni azot troši manje energije nego u procesu azotofiksacije.

Uspešnost procesa azotofiksacije svakako ne zavisi samo od količine primenjenog azota nego i od tipa zemljišta, klimatskih faktora, primenjenih agrotehničkih mera i genotipa biljke (Peoples et al., 1995; Gan et al., 1997; Bullcock et al., 1998; Board, 2000; Hungria et al., 2003; Graham et al., 2004; Osborne and Riedell, 2006). Istraživanja su pokazala da manje količine mineralnih azotnih đubriva treba uneti predsetveno, kao bi se obezbedila snabdevenost azotom u vreme rane faze rasta i formiranja vegetativnih organa, do formiranja kvržica (Hardarson and Zepata, 1984; Wani et al., 1995; Gulden and Vessey, 1998; Seneviratne et al., 2000). Da bi se povećao kvalitet i kvantitet prinosa i azotofiksacija leguminoza, a smanjila upotreba mineralnih azotnih đubriva, osnovno je sagledati interakcije između snabdevanja neorganskim azotom i biljnog rasta tokom razvića useva.

Cilj rada je bio da se preko parametara azotofiksacije, utvrdi optimalna količina mineralnog azota u gajenju soje uz inokulaciju mikrobiološkim preparatom *NS-Nitraqin*.

Materijal i metod rada

Ogled je postavljen na oglednom polju Instituta za ratarstvo i povrtarstvo u Bačkom Petrovcu, na zemljištu tipa černozem, po slučajnom blok sistemu u četiri ponavljanja za svaki tretman. U eksperimentu je korišćena sorta soje Bal-kan, I grupe zrenja, stvorena u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu. Setva je obavljena u optimalnom roku, a na oglednim parcelama primenjena su četiri različita nivo đubrenja azotom:

1. kontrola
2. sa 30 kg N/ha
3. sa 60 kg N/ha
4. sa 90 kg N/ha

Ogled je postavljen u dve varijante, varijanta sa inokulacijom i varijanta bez inokulacije. Na varijanti sa inokulacijom, neposredno pred setvu, seme soje inokulisano je mikrobiološkim preparatom *NS-Nitragin* za soju (stvorenom u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo).

U fazi cvetanja soje uzeti su uzorci biljaka, po 5 biljaka sa svakog ponavljanja određenog tretmana. Uticaj inokulacije i različitih koncentracija primenjenih azotnih đubriva na efektivnost simbiotske zajednice određena je preko broja formiranih kvržica na korenu, mase suve materije i sadržaja azota u nadzemnom delu biljke, korenu i kvržicama. Masa suve materije utvrđena je posle sušenja do konstantne težine 24h na 60°C, dok je % N određen metodom Kjeldahla. Dobijeni rezultati su obrađeni statističkom metodom analize varijanse i testirani LSD testom.

Rezultati i diskusija

Efekat primene mikrobioloških preparata ogleda se u boljoj nodulaciji, većoj masi i sadržaju azota u nadzemnom delu biljke, korenu i kvržicama kod inokulisanih biljaka.

Masa suve materije i sadržaj azota u nadzemnom delu biljke i korenu

Masa biljke uzima se kao jedan od parametara utvrđivanja efektivnosti fiksacije azota. Efektivnost azotofiksacije može se utvrditi i preko sadržaja azota i procenat azota, koji ukazuju na sadržaj proteina u biljci.

Masa nadzemnog dela biljke sa jedne strane obezbeđuje fotosintate za normalno funkcionisanje procesa azotofiksacije u kvržicama, a sa druge strane proces azotofiksacije pospešuje rast mase nadzemnog dela biljke.

Tab. 1. Uticaj inokulacije i različitih nivoa đubrenja azotom na masu suve materije i sadržaj azota u nadzemnom delu biljke

Tab. 1. Effect of inoculation and different nitrogen rates on the dry matter mass and nitrogen content in above-ground plant partss

Varijanta đubrenja <i>Treatment</i>	Masa suve materije nadzemnog dela biljke (g/biljci)		Sadržaj azota u nadzemnom delu biljke (mg/biljci)	
	<i>Above-ground dry matter mass (g/plant)</i> Inokulisano <i>Inoculated</i>	Neinokulisano <i>Uninoculated</i>	<i>Above-ground N content (mg/plant)</i> Inokulisano <i>Inoculated</i>	Neinokulisano <i>Uninoculated</i>
Kontrola <i>Control</i>	20,98*	16,56	601,80*	459,45
30 kg N/ha	20,52	18,94	547,41	521,18
60 kg N/ha	22,64**	17,99	669,52*	505,38
90 kg N/ha	20,27	17,57	619,04*	490,23
Prosek <i>Average</i>	21,10	17,77	609,44	494,06
LSD 0,05**		3,37		114,17
LSD 0,01*		4,58		155,39

Inokulacijom semena soje povećana je masa i sadržaj azota nadzemnog dela biljke na svim varijantama đubrenja (Tab.1). U proseku za sve varijante

đubrenja masa inokulisanih biljaka povećana je za 19% u odnosu na neinokulisane, dok je sadržaj azota povećan za 23%. Predsetvenim unošenjem 60 kg N/ha i inokulacijom *NS-Nitraginom* ostvarena je najveća masa nadzemnog dela biljke (22,64 g), kao i najveći sadržaj azota (69,52 mg), (Tab.1).

Rast i razvoj korenovog sistema soje uslovljen je kako osobinom pojedine sorte, tako i spoljašnjim faktorima (klimatski i zemljišni) (Miladinović i Đorđević, 2008).

Rezultati istraživanja (Tab. 2) pokazali su da je u korenovom sistemu inokulisanih biljaka procenat azota bio veći, a sam korenov sistem razvijeniji od biljaka koje nisu inokulisane. Statistički značajne razlike između inokulisanih i neinokulisanih biljaka dobijene su na varijantama bez dodatka mineralnog azota i sa dodatkom 60 kg N/ha. Kombinacijom *NS-Nitragina* i 60 kg N/ha zabeležena je najveća masa korenovog sistema (20,48 g) kao i najveći sadržaj azota u korenu (2,65 mg), (Tab.2).

Tab. 2. Uticaj inokulacije i različitih nivoa đubrenja azotom na masu suve materije i sadržaj azota u korenu

Tab. 2. Effect of inoculation and different nitrogen rates on the dry matter mass and nitrogen content in roots

Varijanta đubrenja <i>Treatment</i>	Masa suve materije korena (g/biljci) <i>Root dry matter mass (g/plant)</i>		Sadržaj azota u korenu (mg/biljci) <i>Root N content (mg/plant)</i>	
	Inokulisano <i>Inoculated</i>	Neinokulisano <i>Uninoculated</i>	Inokulisano <i>Inoculated</i>	Neinokulisano <i>Uninoculated</i>
Kontrola <i>Control</i>	2,35*	1,92	2,53*	2,07
30 kg N/ha	2,21	2,20	2,43	2,18
60 kg N/ha	2,48*	2,01	2,65*	2,11
90 kg N/ha	2,08	2,09	2,24	2,15
Prosek <i>Average</i>	2,28	2,06	2,46	2,13
LSD 0,05**		0,41		0,45
LSD 0,01*		0,56		0,60

Broj, masa suve materije i sadržaj azota u kvržicama

Veća nodulacija nije uvek parametar koji uslovljava i veći prinos. Naime, broj formiranih kvržica na korenu nije pouzdan indikator da je ostvarena i uspešna azotofiksacija. Sadržaj azota u kvržicama soje u korelaciji je sa efektivnošću simbiotske zajednice, odnosno sa količinom fiksiranog azota od strane sojeva *Bradyrhizobium japonicum*.

Inokulacija je na svim ispitivanim varijantama đubrenja pozitivno uticala na broj, masu, ali i na sadržaj azota u kvržicama. Inokulacijom soje *NS-Nitraginom* i dodatkom mineralnog azota u količini 30 kg/ha ostvarena je najbolja nodulacija (60,34), najveća masa kvržica (0,483g) kao i najveći sadržaj azota u kvržicama (2,605 mg), (Tab.3).

Na varijanti bez mineralnog azota i dodavanjem 30 i 60 kg N/ha, broj formiranih kvržica na korenu inokulisanih biljaka bio je statistički visoko značajno veći u odnosu na broj kvržica kod neinokulisanih biljaka (Tab.3).

Statistički značajne razlike u masi kvržica zabeležene su između inokulisanih i neinokulisanih biljaka na varijantama gde su biljke bile obezbeđene mineralnim azotom u količinama od 30 i 60 kg/ha (Tab.3).

Sadržaj azota u kvržicama inokulisanih biljaka bio je značajno veći na varijanti bez dodavanja azota, sa dodatkom 30 kg N/ha i 60 kg N/ha (Tab.3).

Tab. 3. Uticaj inokulacije i različitih nivoa đubrenja azotom na broj, masu suve materije i sadržaj azota u kvržicama

Tab. 3. Effect of inoculation and different nitrogen rates on number, dry matter mass and nitrogen content in nodules

Varijanta đubrenja Treatment	Broj kvržica Nodule number		Masa suve materije kvržica (g/biljci) Nodule dry matter mass (g/plant)		Sadržaj azota u kvržicama (mg/biljci) Nodule N content (mg/plant)	
	Inokulisano Inoculated	Neinokulisano Uninoculated	Inokulisano Inoculated	Neinokulisano Uninoculated	Inokulisano Inoculated	Neinokulisano Uninoculated
Kontrola Control	51,00**	20,42	0,418	0,329	2,336*	1,784
30kgN/ha	60,34**	10,92	0,483**	0,181	2,605**	0,955
60kgN/ha	43,67**	10,00	0,283*	0,152	1,550*	0,828
90kgN/ha	34,04	20,58	0,318	0,284	1,620	1,512
Prosek Average	47,26	15,48	0,376	0,237	2,028	1,269
LSD 0,05**	16,99		0,100		0,54	
LSD 0,01*	23,13		0,130		0,73	

Osamdesetih godina dvadesetog veka u svetu se težilo potpunoj zameni mineralnog azota biološkim, međutim, optimističke prognoze o upotrebi biofertilizatora pokazale su se nerealnim, te se danas biofertilizacija preporučuje kao dopuna racionalnoj upotrebi mineralnih azotnih đubriva (Wani et al., 1994). Smith et al. (1986) ističu da leguminozama nije potreban dodatni mineralni azot, dok drugi autori smatraju da bi manje količine azota trebale da se primenjuju kako bi se postigla bolja nodulacija i postigao maksimalan prinos (Streeter, 1988; Cherney and Duxbury, 1994).

Istraživanja Gadimova et al. (1999), pokazala su da manje doze nitrata od 22,20 mg/biljci dodate u podlogu imaju značajnu ulogu u ranim fazama vegetativnog razvoja soje i dovoljne su da obezbede dobar razvoj biomase do aktivacije kvržica. Potpuno isključivanje azota iz podloge kao i dodavanje nitrata u koncentraciji 55,00 mg/biljci smanjilo je suhu masu biljke, broj i masu kvržica.

Gajenjem inokulisanih biljaka soje u rastvoru sa dodatkom 5mM $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ pozitivno je uticalo na brojne fiziološke parametre, dok je dodavanje 30mM $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ispoljilo negativan efekat na biljke soje (Zhou et al., 2006).

Handerson et al. (1984), Douka et al. (1986), Kucez et al. (1989) proučavali su efekat primene različitih doza mineralnih azotnih đubriva na fiziologiju simbiotske zajednice i pokazali da velike količine azota smanjuju azotofiksaciju, redukuju broj, masu i aktivnost kvržica.

U dvogodišnjim istraživanjima Kubota et al., (2008) dodavanje 36 kg N/ha, inokulisanim biljkama soje, povećalo je masu korena, broj i masu kvržica kao i sadržaj azota u korenu. Veće koncentracije azota ispoljile su negativan efekat na ispitivane parametre.

Bayorbor et al. (1992) i Asanuma et al. (1992) ispitivali su uticaj koncentracija azota od 100 ppm i 200 ppm i inokulacije na parametre azotofiksacije kod soje. Veće koncentracije azota uslovice su veći sadržaj azota u vegetativnim delovima biljke (korenu i nadzemnom delu), dok su masa i sadržaj azota u kvržicama bili najveći bez dodavanja azota.

Imsande (1989) pokazuje da biljke soje koje rastu sa obiljem mineralnog azota u podlozi mogu akumulirati manje ukupnog azota nego dobro nodulirane biljke. Međutim, rezultati George and Singleton (1992) pokazali su suprotno, tj. masa suve materije i ukupni azot soje i boranije na dva lokaliteta ispitivanja značajno su povećani kada je povećan dodati mineralni azot.

Rezultati Seneviratne et al. (2000) pokazali su da i inokulacija soje i primena đubriva povećavaju rast biljaka i prinos zrna. Primena đubriva u količini 23 kg N/ha kao osnovna primena i 23 kg N/ha na kraju faze cvetanja ne inhibira nodulaciju soje. Ovo pokazuje važnost azotofiksacije čak i pri primeni đubriva.

Pokazano je da leguminoze reaguju visoko signifikantno na male doze đubriva (20–30 kg N/ha), jer biološka azotofiksacija ne funkcioniše na početku biljnog rasta i svi zahtevi biljke za azotom ne mogu se zadovoljiti, posebno u uslovima niskog sadržaja azota u zemljištu (Wani et al., 1995).

Rezultati Gan et al. (2002) za ispitivane genotipove soje preporučuju dodatak od 50 kg N/ha i to u reproduktivnoj fazi (R_1 do R_5) umesto dodatka 75 N/ha pre setve ili u vegetativnoj fazi (V_4). Rezultati poljskih oglada pokazuju da je dodatak mineralnog azota za vreme reproduktivne faze, bio najefektivniji u povećanju ukupnog fiksiranog azota, dok je dodatak visokih doza azota pre setve ili u V_4 fazi negativno uticao na prinos zrna soje.

Zaključak

Rezultati ispitivanja pokazali su da je inokulacija NS-Nitroginom pozitivno uticala na ispitivane parametre azotofiksacije. Masa suve materije i sadržaj azota u nadzemnom delu biljke, korenu i kvržicama bila je veća na svim ispitivanim varijantama đubrenja.

Predsetvenim unošenjem 60 kg N/ha i inokulacijom ostvarena je najveća masa nadzemnog dela biljke i korena, kao i najveći sadržaj azota u nadzemnom delu i korenu. Inokulacijom soje i dodatkom mineralnog azota u količini 30 kg/ha ostvarena je najbolja nodulacija, najveća masa i sadržaj azota u kvržicama.

Literatura

- Asanuma, K., Bayorbor, T.B., Kogure, K. (1992): Studies on the response of nodulated soybean to nitrogen fertilizer. *Jpn. J. Crop Sci.* 61 (3): 433-438.
- Bayorbor, T.B., Kogure, K., Asanuma, K. (1992): Studies on the response of nodulated soybean to nitrogen fertilizer. *Jpn. J. Crop Sci.* 61 (4): 635-641.
- Board, J. (2000): Lightinterception efficiency and light quality affect yield compensation of soybean at low plant population. *Crop Science*, 40: 1285-1294.
- Bullock, D., Khan, S., Rayburn, A. (1998): Soybean yield response to narrows is largely due to enhanced early growth. *Crop Science*, 38: 1011-1016.
- Cherney, J. H., Duxbury, J. M. (1994): Inorganic nitrogen supply and symbiotic dinitrogen fixation in alfalfa. *J. Plant Nutr.* 17: 2053 – 2067.
- Douka, C.E., Nychas, A.E., Xenoulis, A.C. (1986): Nitrogen fixation in soybeans as influenced by cultivar and Rhizobium strain differences. *Biol Fertil Soils*, 2:113-118.

- Gadimov, A.G., Safaraliev, P.M., Troitskaya, C.N., Allahverdiev, S.R., Nafisi, S. (1999): Changes in nitrogen status of soybean under influence of symbiotically fixed and bound nitrogen. Tr. J. of Agriculture and Forestry, 23: 389-392.
- Gan, Y., Peoples, M. B., Rerkasem, B. (1997): the effect of N fertilizer strategy on N₂ fixation, growth and yield of vegetable soybean. Field Crops Res., 51: 221-229.
- Gan, Y., Stulen, I., Posthumus, F., Keulen, H., Pieter, J. C. (2002): Effects of N management on growth, N₂ fixation and yield of soybean. Nutrient Cycling in Agrosystems 62: 163 – 174.
- George, P., Singleton, W. (1992): Nitrogen assimilation traits and dinitrogen fixation in soybean and common bean. Agron. J. 84: 1020 – 1028.
- Graham, P. H., Hungria, M., Trusty, B. (2004): Breeding for better nitrogen fixation in grain legumes: where do the rhizobia fit in? Online Crop Management doi: 10.1094/CM-2004-0301-02-RV
- Hardarson, G., Zapata, F., Danso, K. A. S. (1984): Effect of plant genotype and nitrogen fertilizer on symbiotic nitrogen fixation by soybean cultivars. Plant and Soil 82, 397-405.
- Hungria, M., Franchini, J.C., Campo, R. J., Graham, P. H. (2003): The importance of nitrogen fixation to the soybean cropping system in South America. In D. Werner (ed.): Nitrogen fixation research: Agriculture, Forestry, Ecology and environment.
- Hrustić, M., Miladinović, J. (2008): Značaj, poreklo i širenje soje. U Miladinović, J., Hrutić, M., Vidić, M. (ured.): Soja. Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad i Sojaprotein, Bečej. 13–43.
- Imsande, J. (1989): Rapid dinitrogen fixation during soybean podfill enhances net photosynthetic output and seed yield: A new perspective. Agron. J. 81: 549 – 556.
- Kubota, A., Hoshihara, K., Bordon, J. (2008): Effect of fertilizer-N application and seed coating with Rhizobial inoculants on soybean yield in eastern Paraguay. R. Bras. Ci. Solo, 32: 1627-1633.
- Kucey, R.M.N., Chaiwanakunpt, P., Boonkerd, N., Snitwongse, P., Siripaiboopt, C., Wadisirisuk, P., Arayangko, T. (1989): Nitrogen fixation (N-15 dilution) with soybeans under Thai field conditions. IV. Effect of N addition and *Bradyrhizobium japonicum* inoculation in soils with indigenous *B. japonicum* populations. Journal of Applied Bacteriology, 67: 137-144.
- Maekawa, T., Takahashi M., Kokubun, M. (2003): Responses of supernodulating soybean genotype Sakukei 4 to nitrogen fertilizer. Plant Prod. Sci., 6 (3): 206-2121.
- Maksimović, I., Petrović, N. (2008): Mineralna ishrana soje. U Miladinović, J., Hrutić, M., Vidić, M. (ured.): Soja. Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad i Sojaprotein, Bečej. 243–268.
- Martinez-Romero, E., Caballero-Mellado, J. (1996): Rhizobium phylogenies and bacterial genetic diversity. Critical Rev. Plant Sci. 15, 113-140.
- Miladinović, J., Đorđević, V. (2008): Morfologija i faze razvoja soje. U Miladinović, J., Hrutić, M., Vidić, M. (ured.): Soja. Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad i Sojaprotein, Bečej. 44–69.
- Milošević, N., Jarak, M. (2005): Značaj azotofiksacije u snabdevanju biljaka azotom. U Kastori, R. (ured.): Azot-agrohemijski, agrotehnički, fiziološki i ekološki aspekti. Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad. 305–352.
- Osborne, S. L., Riedell, W. E. (2006): Starter nitrogen fertilizer impact on soybean yield and quality in the Northern Great Plains. Agron. J. 98: 1569–1574.
- Pate, J. S., Dart, P. J. (1961): Nodulation studies in legumes. IV. The influence of inoculum strain and time of application of ammonium nitrate on symbiotic response. Plant Soil 15: 329 – 346.
- Paul, E.A., Clark, F.E. (1989): Soil Microbiology and Biochemistry, Academic Press, Inc., London.
- Peoples, M. B., Herridge, D. F., Ladha, J. K. (1995): Biological nitrogen fixation: An efficient source of nitrogen for sustainable agricultural production? Plant and Soil, 174: 3-28.
- Seneviratne, G., Van Holm, L. H. J., Ekanayake, E. M. H. G. S. (2000): Agronomic benefits of rhizobial inoculant use over nitrogen fertilizer application in tropical soybean. Field Crops Research, Vol. 68 (3): 199 – 203.

- Smith, D., Bula, R. J., Walgenbach, R. P. (1986): Forage Management. 5th ed. Kendall Hunt Publishing Company, Dubuque, IA.
- Streeter, J. (1988): Inhibition of legume nodule formation and N₂ fixation by nitrate. *CRC Crit. Rev. Plant Sci.* 7: 1 – 23.
- Zhou, X.-J., Liang, Y., Chen, H., Shen, S.-H., Jing, Y.-X. (2006): Effects of rhizobia inoculation and nitrogen fertilization on photosynthetic physiology of soybean. *Photosynthetica*, 44 (4): 530-535.
- Wani, S. P., Rupela, O. P., Lee, K. K. (1994): BNF technology for sustainable agriculture in the semi-arid tropics. 15th World Congress of Soil Science, Acapulco, 4a, 245-262.
- Wani, S. P., Rupela, O. P., Lee, K. K. (1995): Sustainable agriculture in the semi-arid tropics through biological nitrogen – fixation in grain legumes. *Plant Soil* 174: 29 – 49.

EFFECTS OF SEED INOCULATION AND INCORPORATION OF DIFFERENT NITROGEN RATES ON NITROGEN FIXATION PARAMETERS

Jelena Marinković¹, Nastasija Mrkovački¹, Radivoje Aćimović²

¹Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad

²Concern Farmakom MB, Šabac

Summary: From the point of view of agricultural production, nitrogen deficiency in the soil results in significant yield losses and yield quality reduction. Symbiotic fixation of atmospheric nitrogen plays a significant role in the supply of plants with nitrogen. Soybean (*Glycine max.* (L.) Merr.) is one of the most important legumes in Serbia and the world, most notably because of the outstanding chemical composition of its grain. The objective of this paper was to use nitrogen fixation parameters to determine the optimum amounts of mineral nitrogen needed when growing soybean using inoculation with the biofertilizer *NS-Nitragin*. A trial on a chernozem soil was set up at the Bački Petrovac experiment field of the Institute of Field and Vegetable Crops using a randomized block design with four replicates. The soybean cultivar Balkan and four rates of nitrogen fertilizer (0, 30, 60, and 90 kg N/ha) were used in the experiment. Each of the nitrogen treatments had two variations, with and without inoculation. Just before sowing, the seed was inoculated the soybean biofertilizer *NS-Nitragin*. The effects of inoculation and different nitrogen fertilizer rates on the effectiveness of symbiotic association were determined at soybean flowering based on the number of nodules formed on the root and the dry matter weight and nitrogen content of the above-ground plant parts, root, and nodules.

On an average for all the fertilization treatments, the above-ground weight of the inoculated plants increased by 19% relative to the uninoculated treatments, while the nitrogen content increased by 23%. The nitrogen content of the root system in the inoculated treatments increased by 15% relative to uninoculated plants, and the root system was also more developed (11%) in the former than in the latter. The incorporation of 60 kg N/ha before sowing along with inoculation produced the greatest above-ground and root weights as well as the highest nitrogen content of the above-ground parts and root. Inoculation had a positive effect nodule number (205% increase), weight (59% increase), and nitrogen content (60% increase). Inoculation accompanied by a nitrogen rate of 30 kg/ha produced the best nodulation and the largest weight and highest nitrogen content of nodules.

Key words: nitrogen fixation, nitrogen fertilization, *NS-Nitragin*, soybean