

IZVORNI ZNANSTVENI RAD

Učinak biološke fiksacije dušika na urod i kakvoću zrna različitih genotipova soje

Aleksandra Sudarić¹, Marija Vratarić¹, Maja Matoša¹, Tomislav Duvnjak¹, Sulejman Redžepović², Sikora Sanja²

¹Poljoprivredni institut Osijek, Južno predgrađe 17, Osijek, Hrvatska
(aleksandra.sudaric@poljin.os.hr)

²Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, Zagreb, Hrvatska

Sažetak

Cilj istraživanja bio je procijeniti učinak bakterizacije na urod i kakvoću zrna soje te varijabilnost biološke nitrofikacije u ovisnosti od genotipa, okoline i njihove interakcije. U razdoblju od 2004. do 2008. godine na lokaciji Osijek ispitivano je 8 genotipova soje u dvije varijante: kontrola i sjeme tretirano sojem *B. japonicum*. Učinak bakterizacije bio je značajno pozitivan kod svih ispitivanih genotipova, a prosječno povećanje iznosilo je 13,76% za urod zrna, 1,90% za količinu bjelančevina u zrnu i 8,14% za količinu ulja u zrnu. Učinkovitost biološke fiksacije dušika značajno je ovisila o genotipu, okolini i njihovoj interakciji. Selekcija usmjerena na povećanje potencijala nitrofikacije germplazme soje imala bi ekonomsku i ekološku opravdanost u proizvodnji soje.

Ključne riječi: soja, biološka fiksacija dušika, urod zrna, kakvoća zrna, genetski napredak

Uvod

Jedan od glavnih zahtjeva održive poljoprivredne proizvodnje je korištenje obnovljivih resursa dušika te racionalna gnojidba mineralnim dušičnim gnojivima (Varallyay, 2006.). Pri tome, prirodni proces biološke fiksacije dušika ima jedinstvenu ulogu u održivoj poljoprivredi. Soja (*Glycine max* (L.) Merr.), u odnosu na ostale važne ratarske kulture, ima sposobnost da svoje potrebe za dušikom osigurava usvajanjem ovog elementa iz tla te iz zraka kroz simbiozni odnos s bakterijom tla *Bradyrhizobium japonicum*. Primjena predstetvene bakterizacije sjemena soje omogućuje značajni unos biološki vezanog dušika što doprinosi ekonomičnoj upotrebi dušičnih gnojiva te pozitivno utječe na biogenost tla, što ima i ekonomsku i ekološku prednost u proizvodnji soje (Strunjak i Redžepović, 1986., Peoples i Baldock, 2001., Milić i sur., 2003., Russelle i Birr, 2004., Redžepović i sur., 2001., 2007., Sikora i sur., 2008., Vratarić i Sudarić, 2008.). Učinak bakterizacije sjemena soje ovisi o nizu činitelja kao što su okolina (vlažnost tla, temperatura, svjetlost, pH sredine, mineralna ishrana biljaka), zatim učinkovitost sojeva *Bradyrhizobium japonicum*, kompatibilnost genotipa s visokoefektivnim sojevima *B. japonicum* te genetski potencijal biljke domaćina za dušičnu fiksaciju (Roughley, 1985., Redžepović i sur., 1991., 2007., Purcell i sur., 2004.). S obzirom na ekonomski i ekološki značaj procesa biološke fiksacije dušika u proizvodnji soje, neophodno je oplemenjivački postupak usmjeriti k povećanju potencijala biološke nitrofikacije genotipova soje.

Cilj ovog istraživanja bio je procijeniti: *i*) učinkovitost primjene mikrobiološkog preparata (bakterizacije) na urod i kakvoću zrna soje, te *ii*) varijabilnost biološke fiksacije dušika u ovisnosti od genotipa, okoline i njihove interakcije.

Materijal i metode

Na pokusnom polju Poljoprivrednog instituta Osijek (hipoglej hidromeliorirani; pH 6-6,5%; humus 2,2%; 27,4 mg K₂O 100g⁻¹ tla; 18,4 mg P₂O₅ 100 g⁻¹ tla) u razdoblju od 2004. do 2008.

godine postavljeni su pokusi po metodi slučajnog blokno rasporeda u četiri ponavljanja. Blok je obuhvaćao 8 genotipova soje u dvije varijante: a) kontrolna varijanta bez inokulacije sjemena i b) tretiranje sjemena neposredno pred sjetvu mikrobiološkim preparatom koji sadrži kvržične bakterije *Bradyrhizobium japonicum*. Ispitivani genotipovi soje stvoreni su u Poljoprivrednom institutu Osijek, a prema dužini vegetacije pripadaju različitim grupama zriobe: vrlo rani (OS-1-00, OS-2-00), rani (OS-1-0, OS-2-0, OS-3-0) i srednje rani (OS-1-I, OS-2-I, OS-3-I). Sjetva je obavljena preciznom sijačicom u optimalnom roku za soju. Tijekom vegetacije provedena su sva potrebna opažanja. Pokusne parcele požete su kombajnom, izmjeren je urod zrna i preračunat na 13% vlage u zrnu. Količina bjelančevina i ulja u zrnu određena je iz prosječnog uzorka zrna po parceli na uređaju Infratec1241 Analyzer te je izražena u postocima na apsolutno suhu tvar zrna (% u AST). Podaci su statistički obrađeni (SAS 9.1.).

Rezultati i rasprava

Analizom varijance utvrđena je značajna varijabilnost u fenotipskoj ekspresiji uroda zrna bez obzira na varijantu tretiranja kao i na godinu ispitivanja, što primarno ukazuje na genetsku divergentnost testiranog materijala u ovom svojstvu (Tablica.1.).

Tablica 1. Učinkovitost bakterizacije na visinu uroda zrna soje ($t\ ha^{-1}$) (Osijek, 2004.-2008.)

Genotip	Varijanta	Godina ispitivanja					Prosjek	CV* (%)
		2004.	2005.	2006.	2007.	2008.		
1. OS-1-00	Kontrola	3,67	3,55	3,85	3,08	3,70	3,57	8,24
	Bakterizacija	4,20	4,08	4,38	3,53	4,22	4,08	8,00
	Povećanje %	14,4	14,9	13,8	14,5	14,0	14,32	3,02
2. OS-2-00	Kontrola	3,49	3,37	3,70	3,00	3,65	3,44	8,12
	Bakterizacija	3,96	3,79	4,30	3,37	4,20	3,92	9,40
	Povećanje %	13,5	12,5	16,2	12,3	15,2	13,94	12,24
3. OS-1-0	Kontrola	3,56	3,40	3,77	3,38	3,80	3,58	5,54
	Bakterizacija	4,12	3,88	4,26	3,80	4,32	4,08	5,62
	Povećanje %	15,7	14,2	13,0	12,4	13,8	13,82	9,13
4. OS-2-0	Kontrola	3,40	3,28	3,60	3,15	3,76	3,44	7,11
	Bakterizacija	3,82	3,73	4,17	3,51	4,30	3,91	8,30
	Povećanje %	12,3	13,7	15,8	11,4	14,4	13,52	12,80
5. OS-3-0	Kontrola	3,44	3,32	3,66	3,28	3,60	3,46	4,84
	Bakterizacija	3,90	3,80	4,22	3,71	4,10	3,95	5,34
	Povećanje %	13,4	14,4	15,3	13,0	13,8	13,98	6,45
6. OS-1-I	Kontrola	3,60	3,47	3,80	3,40	4,12	3,68	7,89
	Bakterizacija	4,05	3,94	4,30	3,81	4,65	4,15	8,01
	Povećanje %	12,5	13,5	13,7	12,1	13,0	12,96	5,16
7. OS-2-I	Kontrola	3,82	3,75	4,10	3,65	3,82	3,83	4,37
	Bakterizacija	4,38	4,22	4,62	4,09	4,34	4,33	4,57
	Povećanje %	14,6	12,5	12,7	12,0	13,5	13,06	7,78
8. OS-3-I	Kontrola	3,75	3,62	3,90	3,58	4,17	3,81	6,31
	Bakterizacija	4,26	4,15	4,47	4,04	4,74	4,33	6,42
	Povećanje %	13,6	14,6	14,6	13,0	13,6	13,88	5,05
Prosjek	Kontrola	3,59	3,47	3,79	3,31	3,83	3,59	6,06
	Bakterizacija	4,09	3,95	4,34	3,73	4,36	4,09	6,51
	Povećanje %	13,9	13,8	14,5	12,7	13,9	13,76	4,75
LSD 0.05		0,13	0,12	0,14	0,16	0,15	0,10	
LSD 0.01		0,17	0,17	0,18	0,20	0,25	0,16	

*CV – koeficijent varijacije

Nadalje, učinkovitost bakterizacije sjemena soje na visinu uroda zrna, bila je kod svih ispitivanih genotipova statički značajno pozitivna u svim godinama ispitivanja kao i u 5-godišnjem prosjeku (Tab.1.). Prosječno povećanje uroda zrna variralo je od 12,96% (OS-1-I) do 14,32% (OS-1-00), što ukazuje na genetsku varijabilnost u reakciji na bakterizaciju, a kroz to i na razlike između genotipova u potencijalu dušične fiksacije. S obzirom na utjecaj godine na učinkovitost bakterizacije, najveće povećanje uroda zrna bilo je u vlažnoj 2006. godini (14,5%), dok je najniže povećanje bilo u sušnoj 2007. godini (12,7%). Nadalje, determinirana je značajna varijabilnost u povećanju uroda zrna unutar genotipa pod utjecajem godine. Najnižu relativnu varijabilnost imao je genotip OS-1-00 (3,02%), a najvišu genotip OS-2-0 (12,80%). Dobiveni podaci o urodu zrna pokazuju da je najbolji učinak bakterizacije, s obzirom i na visinu i na stabilnost povećanja, postignut kod genotipova OS-1-00, OS-3-I te OS-1-I.

Prema prikazu prosječnih vrijednosti količine bjelančevina i ulja u zrnu ispitivanih genotipova soje (Tablica 2.) vidljiv je značajni pozitivni učinak bakterizacije na vrijednosti ovih svojstava.

Tablica 2. Učinkovitost bakterizacije na kakvoću zrna soje (Osijek, 2004.-2008.)

Genotip	Varijanta	Količina bjelančevina (% u AST zrna)			Količina ulja (% u AST zrna)		
		Raspon	Prosjek	CV (%)	Raspon	Prosjek	CV (%)
1. OS-1-00	Kontrola	39,73-41,06	40,57	1,26	20,21-21,86	20,77	3,10
	Bakterizacija	40,13-41,43	41,05	1,31	21,87-23,68	22,50	3,15
	<i>Povećanje %</i>	<i>0,9-1,5</i>	<i>1,18</i>	<i>21,71</i>	<i>6,2-10,2</i>	<i>8,37</i>	<i>17,62</i>
2. OS-2-00	Kontrola	39,60-41,65	40,77	2,12	19,99-21,83	20,68	3,72
	Bakterizacija	40,35-42,03	41,44	1,89	21,47-23,71	22,57	3,80
	<i>Povećanje %</i>	<i>1,3-1,9</i>	<i>1,61</i>	<i>15,85</i>	<i>7,4-11,1</i>	<i>9,11</i>	<i>14,88</i>
3. OS-1-0	Kontrola	39,02-40,43	39,71	1,56	20,26-21,63	20,72	2,61
	Bakterizacija	39,88-41,32	40,55	1,45	21,21-23,16	22,26	3,15
	<i>Povećanje %</i>	<i>1,8-2,4</i>	<i>2,12</i>	<i>11,02</i>	<i>3,2-10,2</i>	<i>7,43</i>	<i>36,47</i>
4. OS-2-0	Kontrola	38,96-41,28	40,03	2,46	20,19-21,77	20,84	3,07
	Bakterizacija	39,86-42,06	40,86	2,35	21,27-23,53	22,57	3,68
	<i>Povećanje %</i>	<i>1,9-2,3</i>	<i>2,08</i>	<i>8,17</i>	<i>5,4-10,1</i>	<i>8,32</i>	<i>22,68</i>
5. OS-3-0	Kontrola	38,92-41,00	39,88	2,25	19,79-21,38	20,64	3,08
	Bakterizacija	39,93-41,98	40,89	2,12	20,98-23,14	22,37	3,85
	<i>Povećanje %</i>	<i>2,4-2,8</i>	<i>2,54</i>	<i>6,66</i>	<i>6,0-9,7</i>	<i>8,40</i>	<i>19,03</i>
6. OS-1-I	Kontrola	39,94-41,66	40,64	1,78	20,19-21,78	21,02	2,88
	Bakterizacija	40,98-42,37	41,51	1,61	21,67-23,27	22,60	3,09
	<i>Povećanje %</i>	<i>1,7-2,6</i>	<i>2,14</i>	<i>17,93</i>	<i>4,2-9,5</i>	<i>7,53</i>	<i>27,90</i>
7. OS-2-I	Kontrola	40,98-42,09	41,49	1,12	20,63-21,94	21,12	2,51
	Bakterizacija	41,88-42,85	42,30	0,99	21,76-23,36	22,76	2,72
	<i>Povećanje %</i>	<i>1,8-2,2</i>	<i>1,95</i>	<i>7,62</i>	<i>5,5-9,8</i>	<i>7,79</i>	<i>22,84</i>
8. OS-3-I	Kontrola	40,44-41,44	40,86	1,09	20,64-21,84	21,09	2,14
	Bakterizacija	41,09-42,01	41,51	1,06	21,84-23,41	22,82	2,66
	<i>Povećanje %</i>	<i>1,2-1,9</i>	<i>1,58</i>	<i>17,75</i>	<i>4,3-10,0</i>	<i>8,21</i>	<i>30,16</i>
Prosjek	Kontrola	39,82-41,07	40,49	1,40	20,44-21,75	20,86	2,62
	Bakterizacija	40,62-41,82	41,27	1,33	21,51-23,39	22,56	3,03
	<i>Povećanje %</i>	<i>1,8-2,0</i>	<i>1,90</i>	<i>4,30</i>	<i>5,3-9,9</i>	<i>8,14</i>	<i>22,64</i>

U prosjeku, povećanje količine bjelančevina u zrnu bilo je za 1,90%, a povećanje količine ulja bilo je za 8,14%. Usporedbom učinka bakterizacije na povećanje kakvoće zrna soje između genotipova, evidentna je genotipska varijabilnost u reakciji na bakterizaciju. Tako je kod svojstva količina bjelančevina u zrnu, prosječno povećanje iznosilo od 1,18% (OS-

1-00) do 2,54% (OS-3-0) uz relativnu varijabilnost od 6,66% (OS-3-0) do 21,71% (OS-1-00). Kod svojstva količina ulja u zrnu, prosječno povećanje kretalo se od 7,43% (OS-1-0) do 9,11% (OS-2-00), uz relativnu varijabilnost od 14,88% (OS-2-00) do 36,47% (OS-1-0). Najbolji učinak bakterizacije, s obzirom na visinu i stabilnost povećanja, postignut je u pogledu količine bjelančevina u zrnu kod genotipova OS-3-0 i OS-2-0, a u pogledu količine ulja u zrnu kod genotipova OS-2-00, OS-3-0 i OS-1-00.

S oplemenjivačkog aspekta, dobiveni rezultati istraživanja učinkovitosti bakterizacije sjemena soje na urod i kakvoću zrna ukazali su na genetsku raznolikost testiranog materijala u potencijalu nitrofikacije kao i na kompatibilnu divergentnost materijala sa sojem *B. japonicum*. Nadalje, dobiveni rezultati istraživanja pokazali su da učinak bakterizacije, a kroz to i iskoristivost procesa biološke fiksacije dušika značajno ovisi o nasljednoj osnovi (genotipu), okolini te njihovoj interakciji. Ovi rezultati nalaze potvrdu u rezultatima sličnih istraživanja koja su proveli Redžepović i sur. (1991., 2007.), Bounioulis i sur. (1997.), Komesarović i sur. (2007.), Mihalina i sur. (2007.), Sudarić i sur. (2008.).

Zaključak

U oplemenjivanju soje, proces biološke fiksacije dušika može se koristiti na taj način da se selekcija usmjeri na odabir genotipova koji posjeduju veću simbioznu učinkovitost kao potencijalnih roditelja u razvoju rodnih i kvalitetnih genotipova soje. Integriranje potencijala biološke nitrofikacije genotipa kao svojstva u program oplemenjivanja soje doprinjet će genetskom unaprijeđenju domaće germplazme soje, a uz to, imat će i ekološku i ekonomsku opravdanost u daljnjem unaprijeđenju proizvodnje soje.

Napomena

Istraživanja neophodna za ovaj rad dio su projekta 073-0730489-0344 kojeg financira MZOŠ RH.

Literatura

- Bounioulis, A., Texier, V., Mondies, M., Piva G. (1997.). Soybean seed quality among genotypes and crop management: Field experiment and simulation. *Eurosoya*, 11:87-99.
- Komesarović, B., Redžepović, S., Blažinkov, M., Sudarić, A., Uher, D., Sikora, S. (2007.). Simbiozna učinkovitost selekcioniranih autohtonih sojeva *Bradyrhizobium japonicum*. *Mljekarstvo*, 57,4:289-302.
- Mihalina, Ž., Kristek, S., Kristek A., Antunović M. (2007.). Prinos soje u zavisnosti od gnojidbe dušikom i bakterizacije sjemena. Zbornik radova 42. hrvatskog i 2. međunarodnog simpozija agronoma, Opatija, Hrvatska: 429-433.
- Milić, V., Hrutić, M. Vasić, M., Starčević, Lj., Marinković, J. (2003.). Primena mikrobioloških đubriva u proizvodnji pasulja, soje i kukuruza. Zbornik radova, Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, 38:259-270.
- Peoples, M.B., Baldock, J.A. (2001.). Nitrogen dynamics of pastures: nitrogen fixation inputs, the impact of legumes on soil nitrogen fertility, and a contributions of fixed nitrogen to Australian farming systems. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 41, 3:327-346.
- Purcell, L.C., Serraj, R., Sinclair, T.R., De, A. (2004.). Soybean N₂ Fixation Estimates, Ureide Concentration and Yield Response to Drought. *Crop Science*, 44:484-492.
- Redžepović, S., Sikora, S., Sertić Đ., Manitašević, J., Šoškić, M., Klaić, Ž. (1991.). Utjecaj fungicida i gnojidbe mineralnim dušikom na bakterizaciju i prinos soje. *Znan. Prak. Poljop. Tehnol.*, 21:43-49.
- Redžepović, S., Sikora, S., Vratarić, M., Sudarić, A., Bradić, M. (2001.). Simbiozna učinkovitost autohtonih sojeva (*Bradyrhizobium japonicum*) izoliranih iz tala istočne

- Slavonije. Gospodarenje i zaštita tla za buduće generacije. Zbornik sažetaka IX Kongres Hrvatskog tloznanstvenog društva s međunarodnim sudjelovanjem; Brijuni, Hrvatska:51-52.
- Redžepović, S., Sikora, S., Čolo, J., Blažinkov, M., Pecina, M. (2007.). Influence of plant growth regulator and rhizobial inoculation on nodulation and soybean nitrogen content. *Cereal Research Communications*, 35, 2:993-996.
- Roughley, R.J. (1985.). Effect of soil environmental factors on rhizobia. In: Shibles, R. (Ed.) *Proceedings of the World Soybean Research Conference III*, Ames, Iowa, USA: 903-910.
- Russelle, M., Birr, A.S. (2004.). Large-Scale Assessment of Symbiotic Dinitrogen Fixation by Crops: Soybean and Alfalfa in the Mississippi River Basin. *Agronomy Journal*, 96:1754-1760.
- Sikora, S., Blažinkov, M., Babić, K., Sudarić, A., Redžepović, S. (2008.). Symbiotic Nitrogen Fixation and Sustainable Soybean Production. *Cereal Research Communications*, 36:1483-1486.
- Sudarić, A., Vratarić, M., Duvnjak, T., Majić, I., Volenik, M. (2008.). The Effectiveness of Biological Nitrogen Fixation in Soybean Linked to Genotype and Environment. *Cereal Research Communications*, 36:67-70.
- Strunjak, R., Redžepović, S. (1986.). Bakterizacija leguminoza – agrotehnička mjera u službi štednje energije. *Poljoprivredna znanstvena smotra*, 72: 109-115.
- SAS, Statistical Software System 9.1., 2002-2003., SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- Varallyay, G. (2006.). Life quality-soil-food chain. *Cereal Research Communications*, 35, 2:1105-1108.
- Vratarić, M., Sudarić, A. (2008.). Soja. *Poljoprivredni institut Osijek*, 1-460.

The effectiveness of biological nitrogen fixation on grain yield and grain quality in different soybean genotypes

Abstract

The objective of this study was to assess the effect of inoculation on grain yield and grain quality as well as variability of biological nitrogen fixation linked to genotype, environment and their interaction. A field study was conducted in Osijek from 2004 to 2008 and it involved 8 soybean genotypes in two variants of seed inoculation by *B. japonicum* (uninoculated and inoculated). The effect of inoculation was significantly positive for all tested genotypes, and the increasing was 13,76% for grain yield, 1,90% for protein content in grain and 8,14% for oil content in grain. Effectiveness of biological nitrogen fixation significantly varied depends on genetic factor, environmental variables and their interaction. The selection process, which is aimed to the increasing nitrogen fixation potential of soybean germplasm, would have economic and ecological benefits for soybean production.

Keywords: soybean, biological nitrogen fixation, grain yield, grain quality, genetic improvement.