

IZVORNI ZNANSTVENI RAD

Utjecaj navodnjavanja i gnojidbe dušikom na urod zrna soje *Glycine max* (L.) Merr.

Marko Josipović, Hrvoje Plavšić, Aleksandra Sudarić, Marija Vratarić, Ivica Liović

Poljoprivredni institut Osijek, Južno predgrađe 17, 31 000 Osijek, Hrvatska
(marko.josipovic@poljinos.hr)

Sažetak

Cilj rada je bio istražiti utjecaj navodnjavanja (kontrola, sadržaj vode u tlu 60% - 100% PVK, sadržaj vode u tlu 80% - 100% PVK) i gnojidbe dušikom (kontrola, 100 kg N ha⁻¹ i 200 kg N ha⁻¹) na urod zrna soje. U svim godinama istraživanja utvrđena je statistički značajna razlika uroda soje između varijanti navodnjavanja, razina gnojidbe dušikom i u njihovoj interakciji. Najveći prosječan urod na varijanti navodnjavanja ostvaren je pri sadržaju vode u tlu 60 - 100% poljskog vodnog kapaciteta (PVK) 4,02 t ha⁻¹, na varijanti gnojidbe s 200 kg N ha⁻¹ 3,88 t ha⁻¹ te u kombinaciji 60-100% PVK i 100 kg N ha⁻¹, 4,13 t ha⁻¹. Navedena kombinacija je i preporuka za proizvodnju soje u Istočnoj Hrvatskoj.

Ključne riječi: soja, navodnjavanje, dušik, urod zrna

Uvod

U posljednjih nekoliko godina površine soje u širokoj proizvodnji u Republici Hrvatskoj su stabilizirane u rasponu od 40 000 do 55 000 ha, s prosječnim urodom zrna 2500 do 3000 kg ha⁻¹ (Vratarić i Sudarić, 2008.). Urodi soje u našem klimatu variraju ovisno o količinama i rasporedu oborina, stoga je i učinak navodnjavanja različit, ovisno o specifičnostima godine. Osim navodnjavanja bitan čimbenik stabilnog uroda soje je i količina primjenjenog dušika (N). Zbog variranja klimatskih elemenata, heterogenosti tla i specifičnosti sorte vrlo je teško kvantificirati i utvrditi njegov pravi učinak, kako na urod zrna soje, tako i na njegovu kakvoću. Pri istraživanjima slične problematike najčešće su istraživani navodnjavanje, mineralni N, tretiranje sjemena kvržičnim bakterijama, sadržaj organske tvari kao i brojne kombinacije navedenih čimbenika. Prema Bošnjaku (2008.) urodi zrna soje su bili manji kada je bio veći intenzitet i dužina trajanja suše. Također navodi da soja dobro podnosi sušu do faze cvatnje, a ukoliko se suša i dalje nastavi, soja daje vrlo male urode. Prema višegodišnjim istraživanjima Vučića i Bošnjaka (1980.) evapotranspiracija soje za područje Vojvodine (klimatski slična Istočnoj Hrvatskoj, ali s manje oborina) iznosi od 440 mm do 500 mm. Prema Dragoviću (1994.) suša je u različitim reproduktivnim fazama smanjila urod od 2% do 92%, kao i kakvoću soje. Bošnjak (2008.) navodi da je urod soje bio najveći kada je sadržaj vode u tlu održavan od 60% do 100% poljskog vodnog kapaciteta (PVK). Također je utvrdio da je urod pri održavanju sadržaja vode u tlu od 80% do 100% PVK bio manji nego na kontroli. Vučić (1976.) u vrlo opširnom pregledu navodi da se navodnjavanjem u najvećem broju slučajeva povećava urod zrna soje do 30%. Učinak dušika na urod zrna soje je vrlo različit i rezultati su dijametralno suprotni što su u svojim istraživanjima konstatirali de Mooy i sur. (1973.); Welch i sur. (1973., cit. Brevedan i sur., 1978.). Pozitivne učinke navodnjavanja (povećanje uroda od 23% do 49%) na urod zrna soje utvrdili su Mađar i Vratarić (1980.); Brevedan i sur. (1978.) navode da je povećanjem količine N od početka do kraja cvatnje povećan urod zrna soje za 33% u kontroliranim uvjetima i od 28% do 32% u polju, kao i sadržaj bjelancevina s 38% na 42%. Bhangoo i sur. (1972.), Johnson i Hume (1972.), Lyons i Earley (1972.) i Mederski i sur. (1958.) utvrdili su malo povećanje uroda zrna soje

pri gnojidbi N (cit Sorensen i Penas, 1978.). Suprotno tomu, rezultati istraživanja koje su proveli Beard i Hoover (1971.), Lyons i Early (1952.), Mederski i sur. (1958.), Wagner (1962.), Welch i sur. (1973.), (cit Sorensen i Penas, 1978.), Jurić i sur. (1995.) ukazuju da gnojidba N nije rezultirala povećanjem uroda zrna soje. Cilj istraživanja bio je utvrditi učinak navodnjavanja, gnojidbe N i njihovu interakciju na urod zrna soje u agroekološkim uvjetima istočne Hrvatske.

Materijal i metode

Na pokusnom polju Poljoprivrednog instituta Osijek tijekom četiri godine (2006.-2009.) postavljeni su pokusi prema split plot dizajnu, slučajnom rasporedu blokova u tri ponavljanja. Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj navodnjavanja, količine dušika i njihovu interakciju na urod zrna soje. Tip tla je nekarbonatni humofluvisol, praškasto glinasto ilovast, plitko oglejen, pH u KCl-u od 6,5 do 6,9, sadržaj humusa od 1,85 do 2,13%, sadržaj P₂O₅ je od 22,6 do 26,4 mg 100 g tla, K₂O od 30,4 do 36,5 mg 100 g tla; udjel gline u oraničnom horizontu (0-30) od 29,59% do 32,96%, praha od 64,70% do 68,05%, a pijeska od 1,64% do 2,75%. Učinak navedenih čimbenika istraživani je na sorti soje Anica, 0-I grupa zriobe, kreacije Poljoprivrednog instituta Osijek. Navodnjavanje je imalo slijedeće varijante: A1 – kontrola, A2 - održavanje sadržaja vode u tlu od 60% do 100% poljskog vodnog kapaciteta (PVK) i A3 – održavanje sadržaja vode u tlu od 80% do 100% PVK. Navodnjavano je pomoću samohodnog vučenog rasprskivača, a voda je korištena iz dubinskog zdenca. Za dobavu vode korištena je dubinska električna crpka (5,5 kW). Raspodjela i količina vode po varijantama istraživanja u pojedinim godinama prikazana je u Tablici 1.

Tablica 1. Raspodjela vode na A2 i A3 varijantama tijekom istraživanja

Godina	Broj obroka i količina vode, mm				Količina oborina u veget. mm	Ukupno vode, mm		
	A2 varijanta		A3 varijanta			oborine + navodnjavanje		
	broj obroka	dodano vode	broj obroka	dodano vode		A1	A2	A3
2006.	2	80	3	120	413,9	413,9	493,9	533,9
2007.	3	120	5	200	301,7	301,7	421,7	501,7
2008.	2	80	3	120	437,3	437,3	517,3	557,3
2009.	4	200	6	240	230,8	230,8	430,8	470,8
Prosjeck	2,8	120	4,3	170	345,9	345,9	465,9	515,9

Sadržaj vode u tlu mjereno je uređajem Watermark koji koristi sonde, tzv. gipsane blokove. Vrijednost na uređaju je bila osnova za početak navodnjavanja. Uređaj je kalibriran na tlu gdje su postavljeni pokusi, gravimetrijskom metodom na Poljoprivrednom institutu Osijek. Varijante gnojidbe dušikom bile su slijedeće: B1 – kontrola, B2 - 100 kg N ha⁻¹ i B3 - 200 kg N ha⁻¹. Dušično gnojivo je dodano u obliku UREE (46% N) u osnovnoj gnojidbi (zaorano u listopadu ili studenom, jedna polovina) i pred sjetvu (unešeno rotodrljačom, druga polovina). Fosfora 112 kg ha⁻¹ i kalija 120 kg ha⁻¹ je dodano u dva jednaka dijela. Prva polovina dodana je osnovnom gnojidbom u jesen i zaorana, a druga predsjetveno i to P u obliku superfosfata 45% P₂O₅ i K u obliku 60%-tne kalijeve soli. Soja i kukuruz su izmjenjivani svake druge godine, vodeći računa da ista varijanta gnojidbe i navodnjavanja obje kulture budu uvijek na istoj parceli. Sjetva pokusa soje je obavljena u optimalnom roku, pneumatskom sijačicom, na međuredni razmak 50 cm i planirani sklop 560 tisuća biljaka ha⁻¹. Na pokusima je provedena odgovarajuća zaštita usjeva. Žetva pokusa soje je obavljena tijekom rujna, specijaliziranim kombajnom za pokuse (Wintersteiger Clasic).

Žetvena parcelica pod faktora (B) je iznosila 45 m², a glavnog faktora (A) 135 m². Dobiveni podatci su statistički obrađeni (SAS, model GLM, split-plot dizajn). Klimatski podatci su prikazani tablično po mjesecima vegetacije (IV – IX) za godine istraživanja u usporedbi s višegodišnjim prosjekom, 1961.-2000.

Tablica 2. Prosječne temperature zraka i količina oborina u godinama istraživanja i prosjek (1961.-2000.) u vegetaciji, meteorološka postaja Osijek

God/mj	Pros. temperatura zraka, °C				Pros. 61-00	Količina oborina, mm				Zbroj 61-90
	2006.	2007.	2008.	2009.		2006.	2007.	2008.	2009.	
IV	12,9	13,7	12,6	14,2	11,3	95,5	0,7	51,6	15,7	54,1
V	17,0	19,0	19,3	19,3	16,5	79,3	48,5	114,5	45,5	58,9
VI	20,5	22,7	22,0	18,3	19,4	52,5	80,6	88,9	73,9	83,5
VII	24,8	24,8	22,8	25,1	21,1	15,3	31,7	70,1	31,0	66,6
VIII	20,5	23,5	23,1	22,8	20,3	122,6	89,0	27,8	61,9	59,6
IX	17,9	14,8	15,9	18,0	16,6	8,7	71,2	85,4	2,8	51,8
Prosjek	21,2	21,5	20,1	19,6	17,5	413,9	301,7	437,3	230,8	368,3
Zbroj										

God/mj = godina/mjesec; Pros. = Prosjek/zbroj; 61-00 = 1961.-2000. godina

Rezultati i rasprava

Urodi zrna soje po godinama istraživanja i varijantama te njihova statistička značajnost prikazani su u Tablici 3. U 2006. godini navodnjavanje je rezultiralo statistički vrlo značajnom razlikom ($P \geq 0,01$) u urodu zrna soje na varijanti A2, 3,14 t ha⁻¹ prema varijantama A1 i A3. Učinak dušika na varijanti B2 je rezultirao statistički vrlo značajno ($P \geq 0,01$) većim urodom zrna soje prema varijantama B3 i B1. Urod zrna soje na kombinaciji varijanti A2B2 bio je najveći, 3,33 t ha⁻¹ i statistički vrlo značajno veći ($P \geq 0,01$) prema drugim varijantama. Najmanji urod je bio na A1B1 (2,84 t ha⁻¹). Navedeno ukazuje da je za veći urod limitirajući čimbenik bio nedostatak vode u tlu i količina N. Tijekom srpnja je dugo trajalo sušno razdoblje, a prosječne temperature zraka su istovremeno bile vrlo visoke (24,8°C), a kiša u kolovozu nije utjecala na urod jer je vegetacija bila pri kraju (Tablica 2). Iako je ukupno tijekom vegetacije 2006. palo 46 mm oborina više od prosjeka, zbog njihovog nepovoljnog rasporeda i visokih temperatura, prosječan urod zrna soje na pokusu bio je najmanji u četiri godine.

U 2007. godini navodnjavanje je rezultiralo statistički vrlo značajnom razlikom ($P \geq 0,01$) u urodu zrna soje na varijanti A3 (3,85 t ha⁻¹) prema varijantama A1 i A2, ali i varijante A2 prema A1. Količina primjenjenog N na varijanti B2 je rezultirala statistički vrlo značajno ($P \geq 0,01$) većim urodom soje prema urodu na varijantama B3 i B1. Kombinacija A3B2 je rezultirala najvećim urodom soje, 4,02 t ha⁻¹ koji je bio i statistički vrlo značajno veći ($P \geq 0,01$) prema većini kombinacija. Prosječan urod soje na pokusu je čak 3,68 t ha⁻¹ što je visoko obzirom da je prosječna temperatura u vegetaciji bila za 2 °C veća od prosjeka, a količina oborina za 65 mm manja od prosjeka. Navedeno ukazuje da soja dobro podnosi i vrlo visoke temperature zraka kada beskišno sušno razdoblje ne traje dugo.

U 2008. godini, navodnjavanje je rezultiralo statistički vrlo značajnom razlikom ($P \geq 0,01$) u urodu zrna soje na varijanti A2, 4,02 t ha⁻¹ prema varijantama A1 i A3. Urod soje na varijantama B3 i B2 je statistički vrlo značajno veći ($P \geq 0,01$) prema varijanti B1. Kombinacija A3B2 je rezultirala je najvećim urodom, 4,13 t ha⁻¹, koji je bio i statistički vrlo značajno veći ($P \geq 0,01$) prema nekim varijantama. Temperatura zraka je tijekom vegetacije bila malo veća od prosjeka, što je za uzgoj soje vrlo povoljno. Količina oborina

u vegetaciji je za 69 mm bila veća od prosjeka, što je uz zalihu zimskih oborina vrlo povoljno za soju (uz iznimku vrlo vlažnog svibnja).

U 2009. godini, navodnjavanje je rezultirao statistički vrlo značajno većim ($P \geq 0,01$) urodom zrna soje na varijanti A3, $3,97 \text{ t ha}^{-1}$ prema varijantama A1 i A2 koje su se također statistički vrlo značajno razlikovale. Varijante B2 i B3 rezultirale su statistički vrlo značajno većim ($P \geq 0,01$) urodom zrna soje prema varijanti B1. Kombinacija A3B1 je imala najveći urod, $4,05 \text{ t ha}^{-1}$, koji je bio i statistički vrlo značajno veći ($P \geq 0,01$) prema većini kombinacija. Najmanji urod soje bio je na varijati A3B1, $2,99 \text{ t ha}^{-1}$. Temperatura zraka je tijekom vegetacije bila na razini prosjeka uz iznimku vrlo toplog srpnja ($25,1 \text{ }^\circ\text{C}$), dok je količina oborina bila samo 231 mm, što je čak 138 mm manje od prosjeka. No, bez obzira na to, prosječan urod pokusa bio je velik, $3,76 \text{ t ha}^{-1}$.

Učinak navodnjavanja je u sve 4 godine istraživanja na varijanti A2 bio statistički značajno veći prema kontroli, a dvije godine (2006. i 2008.) statistički značajno veći i prema A3 varijanti i dvije godine obrnuto (2007. i 2009.). Gnojidba dušikom je u tri godine istraživanja rezultirala statistički vrlo značajno većim urodom soje na B2 varijanti prema B1, dvije godine prema varijanti B3, a samo 1 godinu statistički značajno većim urodom na varijanti B3 prema B2 i 3 godine B3 prema B1. Kombinacije navodnjavanja i gnojidbe N, A2B2 rezultirale su dvije godine statistički vrlo značajno najvećim urodom, a kombinacije A3B1 i A3B2 u jednoj godini. Rezultati istraživanja su u skladu sa istraživanjima dijela citiranih autora (Bošnjak, 2008., Vučić i Bošnjak, 1980., Vučić, 1976.) koji su potvrdili pozitivan učinak navodnjavanja na razini varijante A2 (sadržaj vode u tlu od 60% do 100% PVK). Učinak gnojidbe dušikom je potvrdio rezultate brojnih istraživanja o vrlo varijabilnom učinku N (Brevedan, 1978., Sorensen i Penas, 1978.), ali je značajno više u korist istraživanjima koja su varijantu B2 (100 kg N ha^{-1}) pokazala učinkovitom za visoke i stabilne urode zrna soje.

Tablica 3. Urodi zrna soje po godinama istraživanja i njihova statistička značajnost

Urod zrna soje na bazi 14% suhe tvari, t ha^{-1}									
B	2006. godina				2007. godina				
	A1	A2	A3	Pr. B	A1	A2	A3	Pr. B	
B1	2,84	3,09	3,03	2,99	B1	3,18	3,70	3,55	3,48
B2	2,94	3,33	3,18	3,15	B2	3,64	3,88	4,02	3,85
B3	3,16	3,00	2,86	3,00	B3	3,65	3,54	3,99	3,73
Pr. A	2,98	3,14	3,03	3,05	Pr. A	3,49	3,71	3,85	3,68
LSD	A	B	AB	LSD	A	B	AB		
0,05%	0,064	0,064	0,111	0,05%	0,066	0,066	0,114		
0,01%	0,089	0,089	0,155	0,01%	0,092	0,092	0,160		
2008. godina					2009. godina				
B	A1	A2	A3	Pr. B	A1	A2	A3	Pr. B	
	B1	3,68	4,04	3,55	3,76	B1	2,99	3,92	4,05
B2	3,46	4,13	3,79	3,79	B2	3,56	3,91	4,01	3,82
B3	3,91	3,88	3,86	3,88	B3	3,89	3,65	3,86	3,80
Pr. A	3,68	4,02	3,73	3,81	Pr. A	3,48	3,83	3,97	3,76
LSD	A	B	AB	LSD	A	B	AB		
0,05%	0,072	0,072	0,124	0,05%	0,087	0,087	0,151		
0,01%	0,100	0,100	0,174	0,01%	0,122	0,122	0,212		

A1=kontrola; A2=sadržaj vode u tlu od 60% do 100% PVK; A3 =sadržaj vode u tlu od 80% do 100% PVK; B1=kontrola; B2= 100 kg N ha^{-1} ; 0,05% i 0,01% statistička vjerojatnost 95% i 99%, Pr.= prosjek

Zaključak

Prosječan urod zrna soje tijekom 4 godine istraživanja iznosio je od 2,84 do 4,13 t ha⁻¹. U svim godinama istraživanja je utvrđena statistički vrlo značajna razlika uroda zrna soje između varijanti navodnjavanja, između varijanti dušika, kao i u njihovoj interakciji. Najveći prosječan urod navodnjavanjem ostvaren je pri sadržaju vode u tlu od 60% do 100% PVK (A2), 4,02 t ha⁻¹, djelovanjem gnojidbe N sa 200 kg ha⁻¹ (B3), 3,88 t ha⁻¹, ali je i sa 100 kg N ha⁻¹ (B2) postignuta ista razina značajnosti. Kombinacija varijanti sa najvećim urodom soje bila je A2B2, 4,13 t ha⁻¹. Navedena kombinacija je i preporuka za uspješnu proizvodnju soje za Istočnu Hrvatsku.

Literatura

- Brevedan R.E., Egli, D.B., and Leggett J.E. (1999). Influence of N Nutrition on Flower and Pod Abortion and Yield of Soybeans. *Agronomy Journal*. Vol 70(1): 81-84.
- Bošnjak Đ. (2008). Navodnjavanje soje u redovnoj, drugoj i postrojnoj sjetvi. Objavljeno u Soja. Miladinović J., Hrutić M., Vidić M. ur. Miladinović J., Hrutić M., Vidić M. 512. str. Srbija. Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad Sojaprotein Bečej.
- Dragović S. (1994). Uticaj suše u različitim fenofazama razvića na prinos soje i efekat navodnjavanja. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo. Novi Sad. Srbija. 143-152. Beograd.
- Juric I., Zucec I., Knezevic M. and Kovacevic V. (1995). Influence of Phosphorus and Nitrogen fertilization on soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) yields under subtropical conditions (Ethiopia). In *The Soil Fertility and Fertilizer Management*. 9th International Symposium of CIEC. (ed.) 25-30. Kusadasi. Turkey.
- Mađar S., i Vratarić M. (1980). Ispitivanje reakcije sorata soje u uvjetima navodnjavanja. Zbornik radova Poljoprivrednog instituta Osijek (PIO): 121-134. Hrvatska. PIO.
- Sorensen R.C., and Penas E.J. (1978). Nitrogen Fertilization of Soybeans. *Agronomy Journal*. Vol. 70 (2): 213-216.
- Vratarić M. i Sudarić A. (2008). Proizvodnja soje u Republici Hrvatskoj. Objavljeno u Soja, *Glycine max* (L.) Merr., Vratarić (ur.), 11-15. Osijek. Hrvatska: Poljoprivredni institut Osijek.
- Vučić N. (1976). Zalivni režim pojedinih poljoprivrednih kultura. U Navodnjavanje poljoprivrednih kultura. ur. Stojanović Z. 41-66. Srbija. Poljoprivredni fakultet u Novom Sadu. Novi Sad.
- Vučić N. i Bošnjak Đ. (1980). Potencijalna evapotranspiracija soje u klimatskim uslovima Vojvodine. Arhiv za poljoprivredne nauke. Vol. 41 (144): 569-575.

Irrigation and nitrogen fertilization impact on grain yield of soybean *Glycine max* (L.) Merr.

Abstract

Influence of irrigation (A1-control; A2-soil water content (SWC) from 60% to 100% field water capacity (FWC); A3- SWC from 80% to 100% FWC) and nitrogen (N) fertilization, (B1-control; B2-100 kg N ha⁻¹ and B3-200 kg N ha⁻¹) on the grain yield of soybean were investigated during the four years. Statistical very significant difference in soybean grain yield was recorded among irrigation, nitrogen and in their interaction. The highest grain yield on irrigation treatment A2, 4.02 t ha⁻¹, N fertilization, on B3 treatment 3.88 t ha⁻¹ and combination SWC from 60% to 100% FWC and 100 kg N ha⁻¹ 4.13 t ha⁻¹ were recorded, respectively. Mentioned combination we recommend for production of soybean in Eastern Croatia.

Key words: soybean, irrigation, nitrogen, grain yield