

IZVORNI ZNANSTVENI RAD

## Genetski napredak – osnova unaprijeđenja proizvodnje soje

Aleksandra Sudarić, Marija Vratarić, Mirna Volenik

Poljoprivredni institut Osijek, Južno predgrađe 17, 31000 Osijek, Hrvatska (e-mail: [aleksandra.sudaric@poljinos.hr](mailto:aleksandra.sudaric@poljinos.hr))

### Sažetak

Cilj istraživanja bio je procijeniti genetsko poboljšanje uroda i kakvoće zrna soje u okviru oplemenjivačkog programa soje Poljoprivrednog instituta Osijek, usporedbom vrijednosti elitnih linija sa standardima kroz poljske pokuse (2002.-2004.; Osijek). Varijabilnost i genetski parametri određivani su za urod zrna te količinu bjelančevina i ulja u zrnu. Dobiveni rezultati ukazali su na postignuti genetski napredak u rodnosti i kakvoći zrna soje unutar grupa zriobe 00, 0 i I. Visoku agronomsku vrijednost novih ranih elitnih linija soje potvrdili su i rezultati Komisije za priznavanje sorti R. Hrvatske za dvije sorte soje ('Tena' i 'Toma') priznate 2008. godine Poljoprivrednom institutu Osijek.

Ključne riječi: soja, elitne linije, urod zrna, kakvoća zrna, genetski napredak

### Uvod

Poboljšanje genetske osnove soje (*Glycine max* (L.) Merr.), kao rezultat kontinuiranog oplemenjivačkog rada, ima primarnu ulogu u razvoju i unaprijeđenju proizvodnje ove ratarske kulture unutar svakog uzgojnog područja. Oplemenjivački rad na soji je integralni sustav koji se zasniva na nizu međusobno povezanih ciklusa (održavanje i skupljanje izvora genetske varijabilnosti, selekcija roditeljskih komponenti, hibridizacija, uzgoj oplemenjivačkih populacija, fenotipska selekcija, testiranje oplemenjivačkih linija, identifikacija superiornih rekombinacija), a svaki ciklus traje više godina. U cjelini, razdoblje koje je potrebno za stvaranje nove sorte dugotrajno je (10-tak godina), intenzivno i skupo (Orf i sur., 2004.; Vratarić i Sudarić, 2000., 2008.). U svim uzgojnim područjima soje u svijetu razvijeni su vlastiti oplemenjivački programi jer su istraživanja i praksa pokazali da su sorte najbolje adaptirane na uvjete u kojima su stvarane. Oplemenjivanje soje u Poljoprivrednom institutu Osijek (Osijek, Hrvatska) prvenstveno je usmjereno k razvoju kvalitetnog sortimenta soje sukladno potrebama domaćeg tržišta. Temelj genetičko-oplemenjivačkih istraživanja je povećanje rodnosti, unaprijeđenje komponenti koje ulaze u strukturu formiranja visine uroda zrna te poboljšanje kakvoće zrna. Uz povećanje količine bjelančevina i ulja u zrnu, oplemenjivanje je usmjereno i na poboljšavanje kvalitete ulja kroz sastav i količinu triacilglicerola (TAGs) (Vratarić i sur., 2005.; Sudarić i sur., 2007.). U ovom radu bit će prikazan dio rezultata oplemenjivačkog rada na soji u Poljoprivrednom institutu Osijek koji se odnose na komparativne (linijske) pokuse kao završnog ciklusa u postupku razvoja sortimenta te rezultati Komisije za priznavanje sorti R. Hrvatske za dva rana kultivara soje priznata 2008. godine Poljoprivrednom institutu Osijek.

### Materijal i metode

Trogodišnja (2002.-2004.) istraživanja provedena su na pokusnom polju Poljoprivrednog instituta Osijek. Pokusni materijal obuhvaćao je ukupno 130 genotipa soje (elitne linije i standardi), razvrstana u tri grupe zriobe (GZ) sljedom: vrlo rani (GZ 00), rani (GZ 0) i srednje rani (GZ I.). Ispitivane elitne linije nastale su kombinacijskom hibridizacijom u okviru oplemenjivačkog programa soje Instituta te su iz hibridnih populacija izdvojene na osnovu

visokih agronomskih vrijednosti, sukladno definiranim ciljevima oplemenjivanja. Standardi za svaku grupu zriobe bili su priznati kultivari, zastupljeni u širokoj proizvodnji soje u R. Hrvatskoj. Poljski pokusi bili su postavljeni po slučajnom bloknom rasporedu u tri ponavljanja, s osnovnom parcelom veličine 9m<sup>2</sup>. U zriobi je uzeto slučajnim izborom 90 biljaka po genotipu na kojima su izmjerena svojstva: visina biljke (cm), broj etaža biljci<sup>-1</sup>, broj mahuna biljci<sup>-1</sup>, broj zrna biljci<sup>-1</sup>, broj zrna mahuni<sup>-1</sup>, masa zrna biljci<sup>-1</sup> (g), žetveni indeks biljci<sup>-1</sup> (%) te masa 1000 zrna (g). Urod zrna preračunat je u tha<sup>-1</sup> na 13% vlage. Količina bjelančevina i ulja u zrnu (%) određena je na uređaju Infratec 1241 Analyzer te preračunata na apsolutno suhu tvar (AST) zrna. Podaci su statistički obrađeni (SAS 9.1.). Za glavna agronomska svojstva (urod zrna, količina bjelančevina i ulja u zrnu) izračunata je heritabilnost u širem smislu (H<sup>2</sup> -%) (Singh i sur., 1993.) te genetska dobit (Allard, 1960.) i relativna genetska dobit od selekcije (%). Elitne linije s najvišom razinom u sva tri svojstva klasificirane su kao najbolje te izdvojene za testiranje na sastav i količinu TAGs. Analiza TAGs je provedena korištenjem Perkin-Elmer High-Performance Liquid Chromatography sustava. U radu su prikazani i rezultati Komisije za priznavanje sorti R. Hrvatske koji se odnose na dvije elitne linije soje (OS-37-04 'Toma' i OS-64-04 'Tena') koje su izdvojene iz komparativnih pokusa (2002.-2004.) kao najbolje u okviru grupe zriobe 0 i prijavljene Komisiji. Službeno ispitivanje vrijednosti navedenih linija provedeno je od 2005. do 2007. godine na lokacijama Osijek, Kutjevo, Nova Gradiška i Zagreb.

## Rezultati i rasprava

Analiza varijance (Tab.1.) pokazala je da genotip, godina i interakcija imaju visokoznačajni utjecaj na fenotipsku ekspresiju svojstava urod zrna, količina bjelančevina i količina ulja u zrnu u sve tri grupe zriobe, što, primarno, ukazuje na razlike u genetskom potencijalu rodosti i kakvoće zrna ispitivanih genotipova.

**Tablica 1. ANOVA (prikaz sredine kvadrata - 'mean square') za urod zrna i kakvoću zrna ispitivanih genotipova soje po grupama zriobe; 2002.-2004., Osijek (Hrvatska)**

Izvor varijacije	Grupa zriobe 00	Grupa zriobe 0	Grupa zriobe I.
Urod zrna			
Genotip (G)	361.096**	378.013**	370.422**
Godina (Y)	220.300**	246.067**	238.111**
Interakcija (GxY)	518.076**	522.110**	520.004**
Količina bjelančevina u zrnu			
Genotip (G)	12.432**	12.518**	12.498**
Godina (Y)	3.465**	3.422**	3.337**
Interakcija (GxY)	0.101**	0.108**	0.095**
Količina ulja u zrnu			
Genotip (G)	11.496**	11.523**	11.502**
Godina (Y)	3.382**	3.467**	3.423**
Interakcija (GxY)	0.076**	0.108**	0.036**

\*\* - značajnost na razini  $P \leq 0.01$ , prema F-testu

Unutar svake grupe zriobe, elitne linije imale su, u prosjeku, visokoznačajno viši urod zrna, te visokoznačajno veću količinu bjelančevina i ulja u zrnu u odnosu na standarde (Tab.2.). Dobiveni rezultati ukazuju na značajno poboljšanje genetske osnove i za rodost i za kakvoću zrna soje unutar svih testiranih grupa zriobe, što je rezultat kontinuiranog, višegodišnjeg i intenzivnog oplemenjivačkog rada.

Dobivene procjene heritabilnosti analiziranih svojstava značajno su varirale između svojstva, a manje između grupa zriobe unutar istog svojstva (Tab.2.). Tako su za urod zrna dobivene niske

procjene heritabilnosti (30,26-34,40%), dok su visoke procjene heritabilnosti dobivene za količinu bjelančevina (71,65-74,14%) i količinu ulja (69,45-73,18%). Dobivene procjene heritabilnosti (Tab.2.) kao i analiza komponenti fenotipske varijance ispitivanih svojstava (Tab.1.) ukazuju da je veličina fenotipske vrijednosti kakvoće zrna u odnosu na urod zrna većim dijelom određena genetskom osnovom, a manjim dijelom utjecajem okoline i reakcijom genotipa na te uvjete.

**Tablica 2. Fenotipska izražajnost i procjene genetskih parametara ispitivanih svojstava soje; 2002.-2004., Osijek, Hrvatska**

Grupa zriobe	Standardni kultivari		Elitne linije		*H <sup>2</sup> (%)	*G <sub>s</sub>	*RG <sub>s</sub> (%)
	Raspon	Prosjeck	Raspon	Prosjeck			
Urod zrna (tha <sup>-1</sup> )							
00	2.90-3.60	3.15	3.14-5.60	4.40**	32.14	0.01428	0.32
0	3.47-4.22	3.80	3.80-5.20	4.66**	30.26	0.01344	0.29
I	3.65-5.06	4.22	3.87-5.30	4.68**	34.40	0.01860	0.40
Količina bjelančevina u zrnu (% u AST)							
00	35.87-38.35	37.33	35.96-41.30	38.50**	74.14	2.64	0.0694
0	36.28-38.62	38.20	36.58-40.20	38.92**	73.44	2.87	0.0737
I	39.38-40.35	39.78	38.66-42.49	40.31**	71.65	2.63	0.0652
Količina ulja u zrnu (% u AST)							
00	21.44-22.92	22.10	22.24-23.72	22.86**	73.18	2.05	0.0897
0	21.25-22.75	21.95	22.30-23.40	22.80**	70.27	1.93	0.0846
I	21.40-22.17	21.77	21.18-23.17	22.12**	69.45	1.87	0.0845

\* H<sup>2</sup> – heritabilnost u širem smislu; G<sub>s</sub> - Genetska dobit od selekcije; RG<sub>s</sub> - Relativna genetska dobit

\*\* - značajnost razlike na razini P<0.01, prema F-testu

S genetskog aspekta, svojstva kakvoće zrna klasificirana su kao visokonasljedna, te su, u procesu oplemenjivanja, stabilnija i pouzdanija kao selekcijska mjerila u odnosu na urod zrna *per se*. Slično navode Burton (1987.), St. Marin i Futi (2000.), Sudarić i sur. (2006.), Vratarić i sur. (2005., 2007.). Procjena genetske dobiti od selekcije (Tab.2.), uz pretpostavku izbora 10% najboljih fenotipova, iznosi za urod zrna 13,4-18,6 kg ha<sup>-1</sup>, za količinu bjelančevina 2,6-2,9% te za količinu ulja 1,9-2,1%. Odnosno, srednja vrijednost populacije uzgojene iz tih biljaka bit će veća od prosjeka izvorne populacije za 0,3-0,4% u urodu zrna, za 0,06-0,07% u količini bjelančevina te za 0,08-0,09% u količini ulja. Temeljem dobivenih podataka, iz svake grupe zriobe izdvojene su oplemenjivačke linije značajno boljih agronomskih svojstava od standarda te su prijavljene u službeni postupak priznavanja. U Tablici 3. dat je prikaz agronomskih vrijednosti elitnih linija soje OS-37-04 i OS-64-04 koje su izdvojene iz grupe ranih materijala (GZ 0).

**Tablica 3. Agronomske karakteristike izdvojenih najboljih linija soje iz grupe zriobe 0 i standarda; 2002-2004., Osijek (Hrvatska)**

Svojstvo	OS-37-04		OS-64-04		Standard	
	Raspon	X*	Raspon	X*	Raspon	X*
Visina biljke (cm)	97-110	103	97-125	114	92-100	98
Broj mahuna biljci <sup>-1</sup>	31-56	41	35-62	43	28-45	33
Broj zrna biljci <sup>-1</sup>	120-228	168	95-180	133	78-168	115
Broj zrna mahuni <sup>-1</sup>	3.8-4.1	4.1	3.0-3.6	3,4	2.8-3.4	3.0
Masa zrna biljci <sup>-1</sup> (g)	14.5-23.6	20.8	17.5-28.4	22	13.3-22.9	17.4
Žetveni indeks biljci <sup>-1</sup> (%)	50-53	52	51-58	54	44-52	48
Masa 1000 zrna (g)	170-200	183	182-210	190	158-182	170
Urod zrna tha <sup>-1</sup>	4.5-5.0	4.72	4.8-5.2	5.00	3.5-4.2	3.8

Bjelančevine (% u AST)	39.0-40.2	39.8	38.4-40.0	39.2	36.3-38.6	38.2
Ulje (% u AST)	22.8-23.3	23.1	23.0-23.4	23.2	21.4-22.2	21.8
Triacilgliceroli (%) (* <i>LLL</i> , <i>LLO</i> , <i>LOO</i> , <i>OOO</i> )	51.9-52.6	52.2	51.7-52.5	52.0	48.0-49.7	48.9

\* X- prosječna vrijednost; \*\*masne kiseline: L-linolna (linoleinska); O-oleinska

Analizom prikazanih rezultata razvidno je da obje linije imaju poboljšane vrijednosti komponenti uroda zrna u odnosu na standard, što je rezultiralo i značajno većim genetskim potencijalom rodnosti u odnosu na standard. Posebnost linije OS-37-04 je veći broj mahuna po biljci koje sadrže četiri zrna, a što je rezultat planske hibridizacije i ciljane selekcije na ovu komponentu uroda. Nadalje, obje linije imaju poboljšanu i kakvoću zrna u odnosu na standard. Osim, povećanja količine bjelančevina i ulja u zrnu, u obje linije uspješno se postići i poboljšanje kvalitete ulja kroz povećanje udjela kvalitetnih TAGs kao što su *LLL*, *LLO*, *LOO*, *OOO*. Naime, na globalnoj razini, oplemenjivanje u cilju poboljšanja kvalitete ulja soje usmjereno je na smanjenje razine plamitinske i linolenske kiseline, a povećanje oleinske i stearinske masne kiseline (Rajcan i sur., 2005.). S obzirom na postignuto značajno poboljšanje genetske osnove i u rodnosti i u kakvoći zrna, obje linije prijavljene su Komisiji za priznavanje sorti R. Hrvatske.

Rezultati službenih pokusa Komisije za priznavanje sorti RH (Tab. 4.) pokazuju da obje linije predstavljaju genotip visoke rodnosti, dobre kakvoće zrna, široke adaptabilnosti te su na osnovu visokih agronomskih vrijednosti i priznate 2008. godine Poljoprivrednom institutu Osijek, kao nove ranozrele sorte 'Toma' i 'Tena'.

**Tablica 4. Rezultati službenih pokusa Komisije za priznavanje sorti RH, 2005.-2007., četiri lokacije (izvor podataka: Zavod za sjemenarstvo i rasadničarstvo, Osijek)**

Genotip (grupa zriobe 0)	Godina ispitivanja			Prosjek
	2005.	2006.	2007.	
Urod zrna (tha <sup>-1</sup> , 13% vlaga)				
Standard	4.67	4.86	2.85	4.13
OS-37-04 (cv. 'TOMA')	5.16**	5.01	2.95	4.37*
OS-64-04 (cv. 'TENA')	5.13**	5.15*	3.17*	4.48**
Količina bjelančevina u zrnu (% u AST)				
Standard	39.18	37.72	42.43	39.78
OS-37-04 (cv. 'TOMA')	41.45**	38.60**	43.83**	41.29**
OS-64-04 (cv. 'TENA')	40.10**	38.94**	43.66**	40.23*
Količina ulja u zrnu (% u AST)				
Standard	19.6	21.13	16.84	19.19
OS-37-04 (cv. 'TOMA')	20.0	20.44	17.99*	19.48
OS-64-04 (cv. 'TENA')	22.0**	22.65**	18.92**	21.19**

\* - značajnost razlike na razini  $P \leq 0.05$ , \*\* - značajnost razlike na razini  $P \leq 0.01$ , prema F-testu

## Zaključak

Najbolje elitne linije soje dobivene ciljanim radom na genetici i oplemenjivanju soje u Poljoprivrednom institutu Osijek potvrda su postignutog genetskog napretka. Predstavljaju kvalitetnu genetsku osnovu, višestruko korisnu. S oplemenjivačkog aspekta, najbolje elitne linije mogu se koristiti u programima planske hibridizacije u cilju daljnjeg genetskog unaprijeđenja domaćeg sortimenta. S proizvodnog aspekta, najbolje elitne linije nakon službenog priznavanja ulaze u strukturu proizvodnje soje te svojim visokim agronomskim vrijednostima doprinose njenom daljnjem unaprijeđenju i profitabilnosti.

## Literatura

- Allard, R. W. (1960). Principles of Plant Breeding. Ed. by John Wiley and Sons., Inc. New York, 1-485.
- Burton, J.W. (1987). Quantitative Genetics: Results Relevant to Soybean Breeding. In: J.R. Wilcox (ed): Soybeans: Improvement, Production and Uses. Agronomy, 16: 211-247.
- Orf, J.H., B.W. Diers, H.R. Boerma (2004). Genetic Improvement: Conventional and Molecular-Based Strategies. In: Shibles R. M. and J.E. Specht (eds) Soybeans: Improvement, Production and Uses. ASA, CSSA, SSSA, Wisconsin, USA: 417-450.
- Rajcan, I., G. Hou, A. D. Weir (2005). Advances in Breeding of Seed-Quality Traits in Soybean. In: Genetic and Production Innovations in Field Crop Technology: New Developments in Theory and Practice (ed: Manjit S. Kang). Food Products Press: 145-174.
- SAS, Statistical Software System 9.1. (2002-2003). SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- Singh, M., S. Ceccarell, J. Hamblin (1993). Estimation of heritability from varietal trials data. Theoretical and applied genetics 86:437-441.
- St. Martin, S.K., X. Futi (2000). Genetic gain in early stages of a soybean breeding program. Crop Sci. 40:1559-1564.
- Sudarić, A., M. Vratarić, S. Grljušić, S. Sikora (2006). Contribution of breeding to increasing soybean grain yield and grain quality. Cereal Research Communications, 34,1:669-672.
- Sudarić, A., M. Vratarić, I. Rajcan (2007). Sustainability the food chain over genetic improvement of the quantity and quality of soybean grain. Cereal research Communication 35, 2:1105-1108.
- Vratarić, M., A. Sudarić (2000). Soja. Poljoprivredni institut Osijek, Osijek: 1-220.
- Vratarić, M., A. Sudarić, R. Sudar, T. Duvnjak, D. Jurković, Z. Jurković (2005). Genetic advance in quantitative traits of soybean lines within different maturity groups. Poljoprivreda, 11, 1:5-10.
- Vratarić, M., A. Sudarić, T. Duvnjak, H. Plavšić (2007). Genetski napredak domaćih ranozrelih kultivara soje u važnim agronomskim svojstvima. U: Pospišil, M. (ur.), Zbornik radova 42. hrvatskog i 2. međunarodnog simpozija agronoma, Opatija, Hrvatska, 269-272.
- Vratarić, M., A. Sudarić (2008). Soja. Poljoprivredni institut Osijek, Osijek: 1-459.
- \*Rezultati ispitivanja gospodarske vrijednosti sorti soje za 2005., 2006. i 2007. godinu. Zavod za sjemenarstvo i rasadničarstvo Osijek.

## Genetic advance – basis of the soybean production improvement

### Abstract

The research was aimed to estimate the genetic improvement of grain yield and grain quality in soybean in the frame of the soybean breeding program at the Agricultural Institute Osijek comparing the value of the elite lines with standards over field trials (2002-2004; Osijek). Variability and genetic parameters determined for grain yield, protein content and oil content in grain, as well. The obtained results indicated on achieved genetic advance in yielding and grain quality within maturity group 00, 0 and I. The high agronomic performance of new early elite soybean lines is confirmed by results of the Commission for Varieties Recognition R. of Croatia for two new soybean varieties ('Tena' and 'Toma') released 2008 year to the Agricultural Institute Osijek.

Key words: soybean, elite lines, grain yield, grain quality, genetic advance