

HETEROZIS I HETEROBELTIOZIS ZA KOMPONENTE URODA ZRNA SOJE

Aleksandra Sudarić, Marija Vratarić, Mirna Volenik, Maja Matoša, V. Duvnjak

Izvorni znanstveni članak
Original scientific paper

SAŽETAK

Cilj ovog istraživanja bio je procijeniti heterozis i heterobeltiozis za četiri komponente uroda zrna soje te usporediti vrijednosti svojstava F_1 hibrida sa roditeljima. Ispitivano je 29 genotipova: 11 roditeljskih i 18 F_1 hibrida. Pozitivni heterozis i heterobeltiozis procijenjen je za broj mahuna po biljci (18,75%; 7,9%), broj zrna po biljci (16,14%; 3,98%) te za masu zrna po biljci (25,72%; 11,87%). Za žetveni indeks po biljci dobiven je niski pozitívni heterozis (6,62%) i negativni heterobeltiozis (-1,08%). Kombinacije križanja koje se odlikuju visokim prosječnim vrijednostima i pozitivnim procjenama heterozisa za većinu analiziranih svojstava (Ika x Vita, Podravka 95 x Ika, Ika x OS-1212-05) su populacije iz kojih se očekuje izbor novih superiornih linija. U cjelini, dobiveni rezultati ovog istraživanja doprinjet će učinkovitosti oplemenjivačkog postupka u povećanju genetskog potencijala rodnosti domaće germplazme soje.

Ključne riječi: soja, heterozis, heterobeltiozis, komponente uroda zrna, oplemenjivanje

UVOD

U oplemenjivanju poljoprivrednih kultura hibridizacijom posebno mjesto ima dobivanje jedinki s učinkom heterozisa. Pod heterozisom (vigor, hibridna snaga) definira se pojava da hibridno potomstvo generacije F_1 u jednome ili više svojstava pokazuje superiornost i izlazi iz opsega varijabilnosti roditelja. Ako je generacija F_1 bolja od boljeg roditelja, govorimo o pozitivnom heterozisu (heterobeltiozis), a ako je slabija od slabijeg roditelja, govorimo o negativnom heterozisu (Fehr, 1987., Bernardo, 2002., Kajba i Ballian, 2007.).

Genetska osnova heterozisa najčešće se objašnjava međualelnim interakcijama gena, ali i interakcijama gena na različitim kromosomima (Hallauer, 1987.). Iako pojava heterozisa doprinosi povećanju rodnosti biljke, još je uvijek relativno mali broj poljoprivrednih kultura kod kojih ova pojava ima komercijalni značaj. Razlog su poteškoće u proizvodnji hibridnog sjemena kod nekih vrsta s obzirom na građu spolnih organa.

Soja (*Glycine max* (L.) Merr.) je autogamna vrsta i ima dvospolne cvjetove. S obzirom da se ručnim križanjem (umjetna hibridizacija) iz svakog oplodnog cvijeta razvije jedno do tri zrna u mahuni, proizvodnja hibridnog sjemena na taj način nema ekonomsku opravdanost. Stoga su, i sve komercijalne sorte soje po genetskoj konstituciji homozigotne linije. Za proizvodnju komercijalnih hibrida soje, prema navodima Paschala i Wilcoxa (1975.), moraju biti zadovoljena dva osnovna uvjeta i to: prisustvo heterozisa za urod zrna te ekonomičnost metodologije proizvodnje hibridnog sjemena u širokom rasponu, odnosno za potrebe tržišta. Pravu sliku o ekspresiji heterozisa kod soje teško je dobiti iz više razloga: testiranje heterozisa se provodi u uvjetima koji nisu reprezentativni za standardnu poljoprivrednu proizvodnju (uzgoj u stakleniku), razni abiotski i biotski činitelji mogu umanjiti heterotični efekat, a uz to, potrebno je testiranje provesti u više okolina, što je nemoguće zbog poteškoća u proizvodnji F_1 hibridnog sjemena. Međutim, iako iskorištenje heterotičnog efekta nema kod soje ekonomsku opravdanost u smislu proizvodnje komercijalnih hibrida, ipak pojava heterozisa ima svoju ulogu i primjenu u raznim genetskim istraživanjima, uključujući tumačenje genetskog mehanizma kompleksnih agronomskih svojstava, determinaciju vrijednosti linija kao roditeljskih komponenti, procjenu oplemenjivačke vrijednosti hibridne kombinacije u ranijim generacijama, unaprijeđenje populacije za određeno svojstvo kroz primjenu rekurentne selekcije, kao i u

istraživanjima koja se odnose na komercijalizaciju hibridne soje (Carter i sur., 1983., Lewers i Palmer, 1993., Gadag i Upadhyaya, 1995., Lewers i sur., 1996.).

Cilj ovog istraživanja bio je: (1) procijeniti heterozis i heterobeltiozis za komponente uroda zrna soje, (2) procijeniti vrijednost ispitivanih genotipova kao roditelja te (3) procijeniti vrijednost hibridnih kombinacija s obzirom na mogućnost izbora superiornih linija. Dobiveni rezultati doprinijeti će učinkovitosti našeg selekcijskog postupka, a kroz to i realizaciji genetske dobiti od selekcije.

MATERIJAL I METODE

Pokusni materijal obuhvaćao je ukupno 29 genotipova, od toga 11 roditeljskih i 18 F_1 hibrida. Roditeljski genotipovi porijeklom su iz oplemenjivačkog programa soje Poljoprivrednog instituta Osijek te su odabrani za križanje temeljem svojih agromorfoloških i geneaoloških karakteristika sukladno postavljenim oplemenjivačkim ciljevima. F_1 hibridi rezultat su križanja obavljenog 2007. godine u Institutu po metodi jednostavnih (10 kombinacija) i recipročnih (4 kombinacije) križanja. Pokusni materijal posijan je ručno na selekcijskom polju Poljoprivrednog instituta Osijek (eutrični kambisol, 45-46°N, 18-19°E) u 2008. godini. U zriobi su ručno požete sve razvijene biljke pokusnog materijala, što je po genotipu iznosilo od 12 do 30 biljaka. U laboratoriju je na pojedinačnim biljkama obavljeno mjerenje sljedećih komponenti uroda zrna: broj mahuna po biljci, broj zrna po biljci, masa zrna po biljci (g) i žetveni indeks po biljci (%). Provedena je ANOVA uz LSD-test (SAS 9.1.). U dobivenim kombinacijama križanja za sva analizirana svojstva procijenjen je: (1) heterozis (*MPH-midparent heterosis*) – procjena u odnosu na roditeljski prosjek svojstva ($MPH = F_1 - MP/MP \times 100$) i (2) heterobeltiozis (*HPH - high parent heterosis*) - procjena u odnosu na vrijednost svojstva boljeg roditelja u križanju ($HPH = F_1 - HP/HP \times 100$), gdje je F_1 – vrijednost svojstva F_1 hibrida, MP – prosječna vrijednost svojstva oba roditelja, a HP – vrijednost svojstva boljeg roditelja u križanju.

REZULTATI I RASPRAVA

U pojedinačnoj analizi varijance (Tablica 1.) sredine kvadrata za genotipski učinak bile su visokoznačajne za sve analizirane komponente uroda zrna, što primarno ukazuje na razlike u genetskom (nasljednom) potencijalu rodnosti ispitivanog materijala, a kroz to i na mogućnost različitog intenziteta selekcije iz stvorenih hibridnih populacija.

Tablica 1. ANOVA (sredina kvadrata i značajnosti) za analizirana svojstva soje (Osijek, 2008.)

Table 1. ANOVA (mean squares and significance) for the analyzed soybean traits (Osijek, 2008)

Izvor varijacije <i>Source of variation</i>	Broj mahuna biljci ⁻¹ <i>Pod number plant⁻¹</i>	Broj zrna biljci ⁻¹ <i>Seed number plant⁻¹</i>	Masa zrna biljci ⁻¹ <i>Seed weight plant⁻¹</i>	Žetveni indeks biljci ⁻¹ <i>Harvest index plant⁻¹</i>
Genotip - <i>Genotype</i>	1131,98**	4335,07**	295,06**	72,44**
Pogreška - <i>Error</i>	0,264	4,686	0,653	0,422
Koeficijent varijacije (%) <i>Coefficient of variation (%)</i>	0,60	1,13	2,18	1,46

** značajnost na razini 1% vjerojatnosti (F-test) *significance at 1% probability by F test*

Usporedbom dobivenih vrijednosti relativne varijabilnosti istraživanih svojstava, izražene kroz koeficijent varijacije (Tab.1.), vidljivo je da je svojstvo masa zrna po biljci najviše variralo, dok je svojstvo broj mahuna po biljci najmanje variralo. S praktične strane oplemenjivanja, svojstva višeg koeficijenta varijacije su manje stabilna i time manje pouzdana kao selekcijska mjerila u odnosu na svojstva nižeg koeficijenta varijacije.

Svojstvo broj mahuna po biljci važno je kvantitativno svojstvo u strukturi uroda zrna soje (Vratarić, 1983., Bhattachary i Ram, 1992., Vratarić i Sudarić, 2008.) jer je zadovoljavajuća oplodnja cvjetova i zametanje zadovoljavajućeg broja mahuna po biljci preduvjet visokih uroda zrna soje. U ovom ispitivanju, najveći broj mahuna po biljci (Tablica 2.) imali su, unutar roditeljskog materijala, sorte Ika

(107) i Podravka 95 (103), a između F_1 hibrida, kombinacije križanja Ika x Vita (123), Podravka 95 x Ika (117), OS-59-05 x OS-1212-05 (113) i OS-1212-5 x OS-59-05 (112). Dobiveni podaci ukazuju da su visoke vrijednosti ovoga svojstva u F_1 generaciji rezultat kombinacije genotipova koje karakterizira brojnost mahuna po biljci.

Broj zrna po biljci mnogi istraživači smatraju najvažnijom komponentom uroda zrna soje čije vrijednosti su rezultat broja mahuna po biljci i broja zrna u mahuni, dok je varijabilnost uvjetovana utjecajem genotipa i agroekoloških uvjeta u vegetaciji soje (Vratarić, 1983., Taware i sur., 1997., Sudarić i sur., 1997.). Kod ispitivanih roditeljskih komponenti, pojedinačne vrijednosti broja zrna po biljci (Tablica 2.) varirale su od 111 (OS-62-05) do 243 (Ika). Unutar F_1 hibrida, najveći broj zrna po biljci imale su kombinacije križanja Ika x Vita (268), Ika x OS-1212-05 (258) te Ika x Nada (230), što ukazuje da je sorta Ika poželjan donator gena za broj zrna.

Tablica 2. Prosječne vrijednosti roditeljskih genotipova i F_1 hibrida za istraživana svojstva soje (Osijek, 2008.)

Table 2. Means of the parental genotypes and F_1 hybrids for the analyzed soybean traits (Osijek, 2008)

Genotip <i>Genotype</i>	Broj mahuna biljci ⁻¹ <i>Pod number plant⁻¹</i>	Broj zrna biljci ⁻¹ <i>Seed number plant⁻¹</i>	Masa zrna biljci ⁻¹ <i>Seed weight plant⁻¹</i>	Žetveni indeks biljci ⁻¹ <i>Harvest index plant⁻¹</i>
Roditeljski genotipovi – Parental genotypes				
1. OS-62-05	68	111	27,06	37,05
2. Nada	63	150	22,64	42,89
3. Tisa	58	135	21,93	40,60
4. OS-59-05	93	124	20,93	33,23
5. Vita	88	208	32,05	50,06
6. Ika	107	243	46,22	46,64
7. OS-1212-05	79	211	34,02	52,63
8. Korana	60	174	30,50	50,66
9. Podravka 95	103	204	42,16	37,68
10. OS-45-05	65	143	31,50	37,76
11. OS-20-05	59	152	30,75	41,27
Prosjek – Mean	76,64	168,64	30,89	42,77
F_1 hibridi – F_1 hybrids				
1. OS-62-05 x Nada (1x2)	70	157	28,46	43,54
2. Nada x OS-62-05 (2x1)	72	162	26,65	44,91
3. Tisa x Nada (3x2)	88	175	27,00	45,77
4. Nada x Tisa (2x3)	72	170	28,17	44,11
5. OS-45-05 x Nada (10x2)	78	168	46,80	45,12
6. Nada x OS-45-05 (2x10)	109	170	32,10	44,87
7. OS-59-05 x OS-1212-05 (4x7)	113	204	35,90	45,96
8. OS-1212-05 x OS-59-05 (7x4)	112	216	38,82	48,93
9. Vita x OS-20-05 (5x11)	103	213	37,81	45,69
10. Ika x Vita (6x5)	123	268	57,90	49,36
11. OS-20-05 x Podravka 95 (11x9)	76	168	36,93	41,52
12. OS-59-05 x OS-62-05 (4x1)	70	149	32,36	38,35
13. Nada x OS-59-05 (2x4)	81	180	26,54	39,22
14. Nada x Vita (2x5)	79	174	35,70	49,28
15. Ika x Nada (6x2)	105	230	37,78	45,70
16. Ika x OS-1212-05 (6x7)	90	258	50,60	49,75
17. Korana x OS-1212-05 (8x7)	80	197	37,46	53,04
18. Podravka 95 x Ika (9x6)	117	229	53,55	45,44
Prosjek – Mean	91,00	193,78	37,25	45,59
LSD 0,05	3,84	3,54	1,70	1,06
LSD 0,01	4,21	4,06	2,31	1,41

Masa zrna po biljci je komponenta uroda zrna soje, čija je vrijednost određena primarno genetskom osnovom, a varijabilitet ovog svojstva unutar genotipa rezultat je utjecaja okolinskih činitelja (Soldati, 1995., Burton, 2008.). Između ispitivanih roditeljskih komponenti, najveću ukupnu masu zrna po biljci (Tablica 2.) imale su sorte Ika (46,22 g) i Podravka 95 (42,16 g), a najmanju linija OS-59-05 (20,93 g). Unutar F_1 generacije, najveća masa zrna po biljci dobivena je u kombinacijama križanja Ika x Vita (57,90 g), Podravka 95 x Ika (53,55 g) te Ika x OS-1212-05 (50,60 g). Visoke vrijednosti mase zrna po biljci rezultat su kombinacije gena između roditelja superiornih u ovom svojstvu.

Žetveni indeks je kompleksno svojstvo koje se kod soje obično definira kao odnos uroda zrna i mase zrele biljke (Wilcox, 1974.). Sa stajališta oplemenjivanja važno je da se od ukupne energije koja biljci stoji na raspolaganju za stvaranje biološkog uroda, što veći dio usmjeri na formiranje agronomskog uroda, odnosno zrna, pa je stoga žetveni indeks važno svojstvo soje jer predstavlja kumulativnu mjeru količine fotosinteze koja je pohranjena u zrnu (Takeda i sur., 1979.). U ovom ispitivanju, vrijednosti žetvenog indeksa po biljci (Tablica 2.) kod roditeljskih genotipova varirale su od 33,23% (OS-59-05) do 52,63% (OS-1212-05). Analizom dobivenih vrijednosti žetvenog indeksa po biljci unutar materijala nastalog križanjem evidentno je da su visoke vrijednosti ovog svojstva rezultat kombinacije gena između roditelja visokog žetvenog indeksa. To su kombinacije Korana x OS-1212-05 (53,04%), Ika x OS-1212-05 (49,75%), Ika x Vita (49,36%) i Nada x Vita (49,28%). Najnižu vrijednost ovog svojstva imala je kombinacija OS-59-05 x OS-62-05 (38,35%), dakle rekombinacija roditelja s najnižim žetvenim indeksom.

U cjelini, prosječne vrijednosti istraživanih komponenti uroda zrna bile su kod F_1 hibrida u višim intervalima nego li kod roditeljskih genotipova, odnosno, u sveukupnom prosjeku svakog svojstva, F_1 hibridi su bili visokoznačajno bolji od roditelja, što ukazuje na postignuto poboljšanje genetske osnove. S oplemenjivačkog aspekta, dobiveni podaci ukazuju na vrijednost roditeljskih komponenti te tako omogućuju identifikaciju donatora gena za važne komponente uroda zrna. Izborom roditelja koji su dobri donatori gena te njihovim korištenjem u programima križanja veća je vjerojatnost razvoja superiornih rekombinacija, a kroz to, veća je i mogućnost realizacije genetskog napretka.

Dobivene procjene heterozisa i heterobeltiozisa za analizirane komponente uroda zrna u ispitivanim kombinacijama križanja prikazane su u Tablici 3.

Za svojstvo prosječni broj mahuna po biljci, kod većine kombinacija križanja dobiven je pozitivni heterotični učinak, a 55,5% kombinacija imalo je vrijednosti ovog svojstva značajno bolje od najboljeg roditelja. Negativni signifikantni heterozis i heterobeltiozis utvrđen je u dvije kombinacije križanja i to OS-20-05 x Podravka 95 (11x9) i OS-59-05 x OS-62-05 (4x1), što je, vjerojatno, rezultat izrazite nekomplementarnosti roditeljskih komponenti.

Značajni pozitivni heterozis i heterobeltiozis za broj zrna po biljci utvrđen je kod 12 F_1 hibrida, što je 66,6% ukupnog broja kombinacija križanja. Značajni negativni heterozis, u odnosu na roditeljski prosjek dobiven je kod 11,1% križanaca, a 33,3% križanaca imalo je prosjeke značajno niže od boljeg roditelja.

Za svojstvo masa zrna po biljci, jedino kombinacija križanja OS-20-05 x Podravka 95 (11x9) nije bila značajno bolja od roditeljskog prosjeka. U odnosu na superiornog roditelja, 72,2% križanaca bilo je značajno bolje, a 11,1% križanaca imalo je značajno negativni heterosis.

Značajno pozitivni heterozis i heterobeltiozis za svojstvo žetveni indeks po biljci, utvrđen je kod 6 F_1 hibrida, dok je značajni negativni heterobeltiozis procijenjen u 6 kombinacija križanja.

U prosjeku dobivene pozitivne vrijednosti heterozisa i heterobeltiozisa za svojstva broj mahuna po biljci (18,75%; 7,49%), broj zrna po biljci (16,14%; 3,98%) i masa zrna po biljci (25,72%; 11,87%) u skladu su sa rezultatima prethodnih sličnih istraživanja koja su proveli Kunta i sur. (1985.), Raut i sur. (1985.), Gadag i Upadhyaya (1995.) te Pandini i sur. (2002.). Niske vrijednosti heterozisa (6,62%) i negativne vrijednosti heterobeltiozisa (-1,08%) dobivene su za svojstvo žetveni indeks po biljci, što se tumači kompleksnošću ovog svojstva. Slično navode Paschal i Wilcox (1975.), Nelson i Bernard (1984.) i Pandini i sur. (2002.).

Tablica 3. Procjena heterozisa (MPH - %) i heterobeltiozisa (HPH - %) u F₁ generacijama soje za analizirana svojstva (Osijek, 2008.)

Table 3. Evaluation of heterosis (MPH - %) and heterobeltiosis (HPH - %) in F₁ generations of soybean for analyzed traits (Osijek, 2008)

F1 generacija F1 generation	Broj mahuna biljci ⁻¹ Pod number plant ⁻¹		Broj zrna biljci ⁻¹ Seed number plant ⁻¹		Masa zrna biljci ⁻¹ Seed weight plant ⁻¹		Žetveni indeks biljci ⁻¹ Harvest index Plant ⁻¹	
	MPH	HPH	MPH	HPH	MPH	HPH	MPH	HPH
1. 1x2	6,87*	2,94	20,31*	4,67*	14,53*	5,17	8,93*	1,52
2. 2x1	9,92*	5,88*	24,14*	8,00*	7,24*	-1,51	12,36*	4,71*
3. 3x2	45,45*	39,68*	22,81*	16,67*	21,18*	19,26*	9,63*	6,71*
4. 2x3	19,01*	5,88*	19,30*	13,30*	26,44*	24,42*	5,65**	2,84*
5. 10x2	21,87*	20,00*	14,67*	12,00*	72,89*	48,57*	11,90*	5,20*
6. 2x10	70,31*	67,69*	16,04*	13,33*	18,58*	1,90	11,28*	4,62*
7. 4x7	31,39*	21,50*	21,79*	-3,32*	30,69*	5,53*	7,06*	-12,67*
8. 7x4	30,23*	20,43*	28,95*	2,37*	41,27*	14,11*	13,98*	-7,03*
9. 5x11	40,14*	17,04*	18,33*	2,40*	20,41*	17,97*	0,06	-8,73*
10. 6x5	26,15*	14,95*	18,85*	10,29*	47,97*	25,27*	2,09	-1,40
11. 11x9	-6,17*	-26,21*	-5,62*	-20,38*	1,32	-12,40*	5,19*	0,60
12. 4x1	-13,04*	-24,73*	26,81*	20,16*	34,89*	19,59*	9,13*	3,51*
13. 2x4	3,85	-12,90*	31,39*	20,00*	21,85*	17,23*	3,05*	-8,56*
14. 2x5	4,63	-10,23*	-2,79*	-16,35*	30,58*	11,39*	6,05*	-1,56
15. 6x2	23,53*	-1,87	17,05*	-5,35*	9,73*	-18,26*	2,10	-2,01
16. 6x7	-3,22	-15,89*	13,66*	6,17*	26,12*	9,48*	0,24	-5,47*
17. 8x7	15,11*	1,26	2,34*	-6,63*	16,12*	10,11*	2,71*	0,78
18. 9x6	11,43*	9,35*	2,46*	-5,76*	21,18*	15,86*	7,78*	-2,57*
Prosjeck - Mean	18,75	7,49	16,14	3,98	25,72	11,87	6,62	-1,08

* značajnost na razini 5% vjerojatnosti (F-test) *significance at 5% probability by F test*

Općenito za sva svojstva, analizom dobivenog heterotičnog učinka evidentna je superiornost većine križanaca u odnosu na prosjeck roditelja, što se može povezati s postojanjem dominacije za gene koji su djelovali u smislu povećanja svojstva. S aspekta oplemenjivanja bilja, poželjnije su one rekombinacije koje su značajno bolje od superiornog roditelja. Međutim, za realizaciju superiornosti svojstva kod rekombinacija, neophodno je postojanje komplementarnosti između roditelja. U suprotnom, heterotični učinak izostaje ili je minimalan te selekcija iz takvih hibridnih populacija nema svoju opravdanost. Stoga, temeljem procijena heterotičnog učinka moguće je odrediti vrijednost hibridnih kombinacija već u ranim generacijama, što doprinosi učinkovitosti selekcijskog postupka s obzirom na smjer, obim i intenzitet selekcije. U oplemenjivanju soje, primarno svojstvo je urod zrna čiji mehanizam kontrole obuhvaća seriju gena, zato što praktično sva svojstva imaju utjecaj na njegovu visinu, u većoj ili manjoj mjeri. Stoga, značajno viši urodi zrna kod rekombinacija u odnosu na roditelje, a sukladno tome, pozitivni i visoki heterozis objašnjava se sumom povoljnih vrijednosti heterozisa za različita svojstva (komponente uroda zrna) koja pozitivno koreliraju sa urodom zrna.

ZAKLJUČAK

U provedenim istraživanjima pozitivni heterozis i heterobeltiozis procijenjen je za svojstva broj mahuna po biljci, broj zrna po biljci i masa zrna po biljci, dok je za svojstvo žetveni indeks po biljci utvrđen niski pozitivni heterozis i negativni heterobeltiozis. Nadalje, između ispitivanih roditeljskih genotipova sorte Ika, Podravka 95 i Vita te linija OS-1212-05 imale su visoke prosječne vrijednosti za najviše analiziranih svojstava. Temeljem toga, mogu se klasificirati kao poželjne parentalne komponente u programima planske hibridizacije. Visoka prosječna vrijednost te procijenjeni pozitivni heterozis i heterobeltiozis za veći broj svojstava pokazatelji su vrijednosti kombinacija križanja Ika x Vita, Podravka 95 x Ika te Ika x OS-1212-05. Iz populacija navedenih križanja može se očekivati izbor superiornih rekombinacija te razvoj novih superiornih homozigotnih linija soje.

U cjelini, dobiveni rezultati istraživanja vrijednosti genotipova kao roditeljskih komponenti te vrijednosti hibridnih kombinacija u ranim generacijama doprinijet će učinkovitosti oplemenjivačkog postupka u povećanju genetskog potencijala rodnosti domaće germplazme soje.

ZAHVALA

Prikazani rezultati istraživanja sastavnica su znanstvenog projekta „Kontinuirano genetsko unaprijeđenje soje suvremenim metodama oplemenjivanja“ (šifra projekta: 073-0730489-0344) koji se provodi uz financijsku potporu Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske.

LITERATURA

1. Bernardo, R. (2002): Breeding for Quantitative Traits in Plants. Stemma Press, Minnesota, USA: 239-260.
2. Bhattachary, P.K., Ram, H.H. (1992): Yield components in determinate vs.indeterminate soybeans. Soybean Genetics Newsletter, 19:52-56.
3. Burton, J.W. (2008): Kvantitativna genetika: Rezultati u oplemenjivanju soje. U: monografija SOJA, ur. J.Miladinović i sur., Novi Sad-Bečej:130-175.
4. Carter, T.E., Jr., Burton, J.W., Young M.F. (1983): An efficient method for transferring genetic male sterility to soybean lines. Crop Science, 23:387-388.
5. Fehr, W.R. (1987): Breeding Methods for Cultivar Development. U: J.R. Wilcox (ed) Soybeans: Improvement, Production and Uses, ASA Madison, Wisconsin, USA: 249-293.
6. Gadag, R.N., Upadhyaya, H.D. (1995.): Heterosis in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). Indian Journal of Genetics and Plant Breeding, 55 (3): 308-314.
7. Hallauer, A.R. (1987): Maize. U: W.R. Fehr (ed.) Principles of Cultivar Development. Vol.2. Crop Species. Macmillan publishing Co, New York, London: 249-294.
8. Kajba, D., Ballian, D. (2007.): Šumarska genetika. Zagreb-Sarajevo.
9. Kunta, T., Edwards, L.H., McNew, R.W., Dinkins, R. (1985): Heterosis performance and combining ability in soybeans. Soybean Genetics Newsletter, 12:97-99.
10. Lewers, K.S., Palmer, R.G. (1993): Genetic linkage in soybean: Linkage Group 8. Soybean Genet. Newsl. 20: 118-124.
11. Lewers, K.S., St. Martin, S.K., Hedges, B.R., Widrlechner, M.P., Palmer, R.G. (1996): Hybrid Soybean Seed Production: Comparison of Three Methods. Crop Sci., 36: 1560-1567.
12. Nelson, R.L., Bernard, R.L. (1984): Production and performance of hybrid soybeans. Crop Science, 24 (3): 549-553.
13. Pandini, F., Vello, N.A., Almeida Lopes, A.C. (2002): Heterosis in Soybeans for Seed Yield Components and Associated Traits. Brazilian Archives of Biology and Technology, 45 (4): 401-412.
14. Paschal, E.H., Wilcox, J.R. (1975): Heterosis and combining ability in exotic soybean germplasm. Crop Science, 15 (3): 344-349.
15. Raut, V.M., Halvankar, G.B., Patil, V.P. (1985): Heterosis in soybean. Soybean Genetics Newsletter, 15: 57-60.
16. SAS, Statistical Software System 9.1., 2002-2003, SAS Institute Inc, Cary, NC, USA.
17. Soldati, A. (1995): Soybean. U: W. Diepenbrock and H.C. Becker (Eds) Physiological Potential for Yield Improvement of Annual Oil and Protein Crops. Advances in Plant Breeding 17, Berlin-Wiena:169-218.
18. Sudarić, A., Vratarić, M., Volenik, S., Duvnjak, T. (1997): Parameters for the estimation of genetic gain in soybean breeding program at the Osijek Agricultural Institute. Eurosoya, 11:16-22.
19. Takeda, K., Frey, K.J., Hesel, D.B. (1979): Growth Rate Inheritance and Associations with Other Traits and Contributions of Growth Rate and Harvest Index to Grain Yield in Oats (*Avena sativa* L.). Z. Pflanzenzuchtg, 82: 237-249.
20. Taware, S.P., Halvankar, G.B., Raut,V.M., Patil, V.P. (1997): Variability, correlation and path analysis in soybean hybrids. Soybean Genetics Newsletter, 24:96-98.

21. Vratarić, M. (1983.): Utjecaj ekoloških faktora na oplodnju i zametanje mahuna kod nekih sorata soje u odnosu na komponente prinosa na području Osijeka. Disertacija. Znanost i praksa u poljoprivredi i prehrambenoj tehnologiji. Poseban broj, Osijek.
22. Vratarić, M., Sudarić, A. (2008.): Soja. Osijek:55.-128.
23. Wilcox, J.R. (1974): Response of three soybean strains to equidistant spacings. Agronomy Journal, 66(3):409-412.

HETEROISIS AND HETEROBELTIOSIS FOR GRAIN YIELD COMPONENTS IN SOYBEAN

SUMMARY

The objective of this research was to evaluate heterosis and heterobeltiosis for four grain yield components in soybean and to compare performances of the F_1 hybrids with those of the parents. The research involved 29 genotypes: 11 parental and 18 F_1 hybrids. Positive heterosis and heterobeltiosis were evaluated for the pod number per plant (18.75%; 7.9%), seed number per plant (16.14%; 3.98%) and for the seed weight per plant (25.72%; 11.8%). Low positive heterosis (6.62%) and negative heterobeltiosis (-1.08%) were determined for the trait harvest index per plant. The cross combinations characterized by high mean values and positive evaluations of heterosis for most analyzed traits (Ika x Vita, Podravka 95 x Ika, Ika x OS-1212-05) are populations from which selection of new superior lines are expected. Generally, the obtained results of this study will contribute to the efficiency of the breeding process to the increasing of yield genetic potential in the domestic soybean germplasm.

Key-words: soybean, heterosis, heterobeltiosis, grain yield components, breeding

(Primljeno 18. rujna 2009.; prihvaćeno 03. studenoga 2009. - Received on 18 September 2009; accepted on 3 November 2009)